

19

PROJET FONDS SPECIAL
CENTRE DE RECHERCHES POUR L'UTILISATION
DE L'EAU SALEE EN IRRIGATION

LABORATOIRE DE PHYSIQUE DU SOL

OBSERVATIONS SUR LA REPARTITION DE L'EAU
D'IRRIGATION EN CALANTS DANS LES SOLS DE
KSAR GHERISS

OBSERVATIONS SUR LA REPARTITION DE L'EAU D'IRRIGATION
EN CALANTS DANS LES SOLS DE KSAR GHERISS

INTRODUCTION

Le présent rapport expose les résultats obtenus dans l'étude de la répartition de l'eau sur des calants de 68 mètres de longueur, dans le cas des sols sableux du centre de la Tunisie.

Dans ce but, des profils hydriques ont été établis en divers points de chaque calant, avant et 5 heures après irrigation. Chaque profil hydrique a été répété 5 fois, et les mesures étaient exécutées à 11 profondeurs différentes entre 0 et 140 cm. Les 5 répétitions de chaque profil ont été localisées dans tous les cas sur une transversale perpendiculaire au grand côté de la parcelle étudiée. La distance de chaque transversale par rapport à la tête de la parcelle était déterminée chaque fois, le nombre des transversales variant de 4 à 7 selon les irrigations étudiées.

Le calendrier des mesures est présenté dans le tableau suivant. Chacune des irrigations étudiées a été affectée de l'indicatif R.E. (répartition de l'eau) suivi d'un numéro d'ordre chronologique.

Ce rapport présente ensuite, pour chaque irrigation, le résumé des résultats obtenus, et le commentaire de ces résultats. La synthèse des observations est présentée dans la conclusion générale.

RECAPITULATION DES IRRIGATIONS R.E. (Calants 68 mètres)

Indicatif	Date			Débit (sur 12 m)	Dose mm
RE 1	23/ 9/67	Lot III	Planche 10	90 l/sec	159
RE 2	17/10/67	Lot I	Planche 14	30 l/sec	46
			Planche 15	20 l/sec	50
RE 3	31/10/67	Lot I	Planche 14	20 l/sec	53
			Planche 15	10 l/sec	101
RE 4	14/11/67	Lot III	Planche 10	20 l/sec	92
			Planche 11	10 l/sec	270
RE 5	29/11/67	Lot III	Planche 10	20 l/sec	68
			Planche 11	25 l/sec	53
RE 6	16/ 1/68	Lot IV	Planche 16 ‰	27 l/sec	60
			Planche 12 ‰	27 l/sec	70
RE 7	1/ 2/68	Lot IV	Planche 16 ‰	27 l/sec	52
			Planche 8 ‰	27 l/sec	84
RE 8	17/ 2/68	Lot IV	Planche 16 ‰	27 l/sec	40
			Planche 12 ‰	27 l/sec	60
			Planche 8 ‰	27 l/sec	70

1) Irrigation R.E. 1^{re}

Date : 23/9/67 Lot : III Planche : 10 (68m, 9,5 ‰)

Débit : 10 l/sec/6 m Dose apportée : 159 mm

Transversales :	A	B	C	D	E
	1	11	34	57	67 m

Résultats : Voir graphiques 1, 2, 3, 4.

Humidité avant irrigation : (graph. 1)

Très homogène entre 0 et 100 cm. Passage progressif de 3-4 ‰ en surface à 8-10 ‰ vers 1 mètre. Toutefois la transversale C est un peu plus humide que les autres entre 50 et 80 cm. Par ailleurs les transversales B, C, E sont relativement sèches entre 100 et 140.

Humidité après irrigation : (4 heures après) : (graph. 2)

Profondeur mouillée : nettement supérieure à 140 cm sur A B C, inférieure sur D et E. Distribution homogène sur les transversales A, B, C (passage progressif de 8,5 - 10 ‰ en surface à 14 - 16 ‰ à 70 cm, puis diminution jusque 12 - 14 ‰ à 140 cm).

Humidité un peu plus faible sur la transversale D, surtout en profondeur.

Humidité faible sur la transversale E, nettement moindre que pour toutes les autres (7,5 à 10 ‰ sur tout le profil).

Eau retenue : (Graph. 3)

Comparable sur A B C et supérieure à la dose théorique. Faible sur D (93 mm) et plus encore sur E (45 mm).

Commentaire

La dose retrouvée ne peut être calculée, la profondeur d'humectation dépassant nettement 140 cm sur A B C. On observe cependant une différence nette entre la moitié amont et la moitié aval de la parcelle, cette dernière recevant une quantité d'eau bien moindre.

Il existe naturellement un certain parallélisme entre la courbe représentative de la durée de submersion de la surface du sol en un point donné de la parcelle et le pourcentage d'eau retenue en ce point (graph. 4).

Le temps, très long, nécessaire à l'irrigation de la parcelle sur toute sa longueur est probablement imputable à l'état de la surface du sol.

.../...

2) Irrigation R.E. 2

Date : 17/10/67 Lot : I Planches : 14 et 15 (68m, 6 ‰)

Débits : Planche 14 15 l/s/6m Doses : Planche 14 46 mm
 Planche 15 10 l/s/6m Planche 15 50 mm

Transversales : A B C D E
 1 11 34 57 67 m

Résultats : Voir graphiques 5, 6, 7, 8 Planche 14
 9, 10, 11, 12 Planche 15

Planche 14

Humidité avant irrigation : (graph. 5)

Humidité homogène pour les 5 transversales jusqu'à 100 cm. Passage progressif de 5 - 6,5 ‰ en surface à 10 - 11,5 ‰ à 100 cm. Humidité encore homogène et assez constante, entre 100 et 140 cm, sauf pour la transversale E, plus sèche que les autres.

A noter que la transversale A est toujours située vers les valeurs faibles d'humidité.

Humidité après irrigation : (Graph. 6)

Profondeur mouillée : 80 cm pour B
 100 cm pour A C E
 120 cm pour D

Répartition de l'humidité assez homogène sur les 5 transversales : 8 - 10,5 ‰ en surface, passant progressivement à 10 - 13 ‰ vers 60 cm. La transversale E est moins humide que les autres au-dessous de 100 cm.

Eau retenue : (Graph. 7)

Du même ordre de grandeur pour les 3 transversales A B C (40 à 48 mm), mais avec des valeurs plus fortes pour D et E (60 mm environ). Au total, en se basant sur les transversales B C D, la moyenne de l'eau retrouvée s'établit à 48,6 mm (Dose apportée : 46 mm).

Commentaire

La moitié aval de la parcelle a reçu plus d'eau que la moitié amont. Ce résultat paraît caractériser le débit 15 l/sec/6m. On note également (graph. 8), d'une part que le temps de submersion est la plupart du temps compris entre 20 et 24 minutes, d'autre part, qu'il y a une accumulation d'eau sur les 10 derniers mètres en aval de la parcelle (temps de submersion de 40 à 70 minutes).

.../...

Planche 15

Humidité avant irrigation : (Graph. 9)

Répartition homogène de l'humidité dans le profil, mais la transversale A est significativement plus sèche que les autres entre 20 et 90 cm de profondeur, alors que le même phénomène se manifeste entre 100 et 140 cm pour D et surtout E.

Passage progressif de 4,5 - 6,5 % d'eau en surface à 9,5 - 11,5 % à 100 cm, puis stabilisation à partir de cette profondeur.

Humidité après irrigation : (Graph. 10)

Forte dispersion des valeurs du taux d'humidité sur les transversales D et E en profondeur à partir de 50 cm.

Profondeur mouillée : 70 cm pour D et E
100 cm pour A B C.

Taux maxima d'humidité entre 50 et 80 cm dans la presque totalité des cas (10,5 à 13,5 %).

Eau retenue : (Graph. 11)

Valeurs élevées sur A B C (60 à 65 mm) faibles sur D et E (37 - 39 mm). Pour ces 2 dernières transversales, diminution de la rétention d'eau de la surface (4,5 %) vers la profondeur, jusqu'à 70 cm. Par contre, sur A B C, présence d'une accumulation d'eau entre 40 et 60 cm de profondeur (4,5 à 6 %).

En se basant sur les transversales B C D, l'eau retenue est de 52,6 mm (eau apportée : 50 mm).

Commentaire

La moitié inférieure de la parcelle a reçu moins d'eau que la partie supérieure. Ce fait est lié aux différences de durée de submersion (Graph. 12). On observe que la transversale E n'a reçu que 39 mm d'eau, malgré une accumulation sur les 7 à 8 derniers mètres (submersion de 50 minutes).

Conclusion de l'irrigation R.E. 2

La comparaison des résultats obtenus sur les planches 14 et 15 montre que la répartition de l'eau a été différente sur les deux parcelles : rétention d'eau plus importante dans la moitié amont de la planche 15 (débit 10 l/sec), dans la moitié aval de la planche 14 (débit 15 l/sec). Cette remarque suggère le choix d'un débit optimum au voisinage de 12,5 l/sec/6 mètres.

.../...

3) Irrigation R.E. 3

Date : 31/10/67 Lot : I Planches : 14 et 15 (68m, 6 ‰)

Débits : Planche 14 10 l/sec/6m Doses : Planche 14 52,5 mm
Planche 15 5 l/sec/6m Planche 15 101 mm

Transversales : Planche 14

A	B	C	D	E	F	G
1	5	11	34	57	62	67 m

Planche 15

A	B	C	D	E
1	11	34	57	67 m

Résultats : Voir graphiques 13, 14, 15, 16 Planche 14
17, 18, 20, 21 Planche 15

Planche 14

Humidité avant irrigation : (Graph. 13)

Homogénéité satisfaisante des taux d'humidité sur les transversales, sauf pour la transversale A, nettement plus humide que les autres à tous les niveaux, mais surtout en profondeur. Il semble qu'il y ait eu humidification du sol avant l'irrigation à partir des tuyaux d'amenée d'eau. On observe également que les transversales B et C présentent des taux d'humidité assez faibles entre 20 et 60 cm.

A ces exceptions près, passage progressif de 4,5 - 6 ‰ d'eau en surface à 9 - 10,5 ‰ vers 100 cm, puis stabilisation au voisinage de 10 ‰ entre 100 et 140 cm.

Humidité après irrigation : (Graph. 14)

Profondeur mouillée 80 - 100 cm pour toutes les transversales, sauf la transversale E (60-70 cm).

A l'exception de la transversale E, le taux d'humidité passe de 8,5 - 11 ‰ en surface, à 11 - 13,5 ‰ vers 50 cm, puis redescend jusqu'à 9 - 12,5 ‰ vers 1 m et se stabilise ensuite au voisinage de 10 ‰.

Pour la transversale E, l'humidité après irrigation passe de 11,5 ‰ en surface à 9 ‰ vers 70 cm. Cette transversale située dans le tiers aval de la parcelle, a donc reçu moins d'eau que les autres.

Eau retenue : (Graph. 15)

La rétention d'eau est comparable sur les transversales B C D F G : 3,5 - 5,5 ‰ en surface, 5,5 - 7,5 ‰ vers 50 cm de profondeur, puis annulation progressive entre 50 et 100 cm.

.../...

La transversale A, humide au départ, a retenu moins d'eau.

La transversale E, a reçu peu d'eau : la rétention diminue régulièrement de la surface (5,5 %) jusqu'à 70 - 80 cm.

On remarque que, en définitive, la quantité d'eau retenue est très supérieure à la dose appliquée (63 mm au lieu de 52,5).

Commentaire

Une accumulation d'eau s'est produite à la base de la parcelle sur 8 mètres environ. Même si l'on néglige les 2 transversales affectées par cette accumulation et la transversale de tête, on constate que la quantité d'eau retrouvée est nettement supérieure à la quantité d'eau appliquée. Mais on note également une répartition conforme à celle déjà observée dans les irrigations RE 1 et RE 2 pour le débit 10 l/sec : la moitié supérieure de la parcelle (transversale B C D) a reçu plus d'eau que la moitié inférieure (transversale E), ce qui correspond encore à la variation de la durée de submersion.

Planche 15

Humidité avant irrigation : (Graph. 17)

Remarques identiques à celles faites pour la planche 14 : homogénéité satisfaisante des résultats, mais humidité nette de la transversale A, et tendance aux valeurs faibles des transversales B et C entre 20 et 80 cm. Passage de 4 - 6 % d'humidité en surface à 9 - 11 % à 100 cm puis stabilisation à 10 % en profondeur.

Humidité après irrigation : (Graph. 18)

Profondeur mouillée supérieure à 140 cm sur les transversales A B C. Hétérogénéité des résultats sur les transversales D et E en profondeur. Le taux d'humidité passe de 9 - 11,5 % en surface à 8,5 - 10,5 % entre 10 et 20 cm, puis s'élève jusqu'à 13 - 15,5 % vers 60 cm, 14 - 16 % vers 80 cm, et diminue ensuite lentement. Il y a par conséquent des valeurs élevées inhabituelles du taux d'humidité à moyenne profondeur (entre 50 et 100 cm), consécutives à l'importance de la dose apportée (101 mm).

Eau retenue

On observe 3 types de comportement, liés une fois encore à la courbe de durée de la submersion du sol (graph. 20)

- sur les transversales B et C, l'eau retenue passe de 4,5 - 5 % en surface à un maximum de 9 % vers 60 - 70 cm, puis décroît, mais reste encore de 4 % vers 140 cm. L'eau retenue sur 140 cm est de 130 - 140 mm.

- sur la transversale D, le maximum n'est que de 7 % et il est atteint vers 50 cm. La quantité d'eau retenue est plus faible (97 mm). Le comportement de la transversale E est analogue, avec un décalage systématique de l'eau retenue vers des valeurs un peu plus basses. Au total, cette transversale a retenu 77 mm d'eau.
- sur la transversale A, humide au départ, la rétention d'eau est sensiblement plus faible que sur les autres surtout dans les 60 cm supérieurs du sol. Rétention sur 140 cm : 68 mm.

Commentaire

Sur la base des transversales B C D, l'eau retenue sur 140 cm dépasse notablement la dose apportée (123 mm contre 101 mm). Mais la forme de la courbe de répartition de l'eau s'apparente à celle décrite pour le débit 10 l/sec : rétention importante dans la moitié amont de la parcelle, faible dans la moitié aval. Ce type de répartition est lié à la courbe de répartition des durées de submersion du sol.

Conclusion de l'irrigation R.E. 3

Les 2 irrigations ont conduit à une distribution irrégulière de l'eau, la moitié amont de la parcelle recevant dans les 2 cas une quantité d'eau nettement supérieure à la moitié aval, le phénomène étant plus caractéristique sur la planche 15 (5 l/sec) que sur la planche 14 (10 l/sec). Cette observation va dans le même sens que celles faites lors de l'irrigation R.E. 2.

Le débit 5 l/sec conduit à des durées de submersion très longues sur la moitié amont de la parcelle (120 à 140 minutes).

4) Irrigation R.E. 4

Date : 14/11/67 Lot : III Planches : 10 et 11 (68 m, 9,5‰)

Débit : Planche 10 10 l/sec/6m Doses : Planche 10 91,5 mm
 Planche 11 5 l/sec/6m Planche 11 270 mm

Transversales : Planche 10

A	B	C	D	E	F	G
2	5	11	34	57	62	67 m

Planche 11

A	B	C	D	E
1	11	34	57	67 m

Résultats : Voir graphiques 21 à 28

.../...

Planche 10

Humidité avant irrigation : (Graph. 21)

Répartition très homogène et régulière du taux d'humidité. Passage très régulier de 2,5 - 4 % en surface à 8 - 10 % vers 100 cm et à 9 - 10,5 % vers 140 cm.

Humidité après irrigation : (Graph. 22)

Différences très sensibles selon les transversales, surtout à partir de 50 cm. Très forte humidité de la transversale A, en particulier au-dessous de 80 cm, alors que l'humidité sur les transversales E F G est faible entre 50 et 100 cm. Comportement intermédiaire des transversales B C D.

Eau retenue : (Graph. 23)

Profondeur mouillée	sur E et F	60 à 70 cm
	sur G	90 cm
	sur B C D	100 cm
	sur A	plus de 140 cm

On observe 2 types de comportement

- . Transversales A B C D : eau retenue : 6,5 - 8,5 % en surface, 6,5 % entre 20 et 30 cm, maximum de 7,5 - 9,5 % entre 40 et 60 cm, puis diminution régulière.
- . Transversales E F G. Comme les autres transversales jusqu'à 30 cm mais ensuite diminution plus ou moins régulière avec la profondeur.

Les hauteurs d'eau retrouvées sur 140 cm pour les 7 transversales s'établissent, dans l'ordre de l'amont vers l'aval, à 157, 101, 109, 100, 71, 63, 90 mm.

Sur la base des transversales B C D E F, la moyenne de l'eau retrouvée est de 89 mm (Dose apportée : 92 mm).

On retrouve encore la relation avec le temps de submersion du sol (graph. 24).

Commentaire

La moitié amont de la parcelle a reçu un excès d'eau au détriment de la moitié aval.

Planche 11

Humidité avant irrigation : (Graph. 25)

Résultats très homogènes sur tout le profil, pratiquement identiques à ceux obtenus sur la planche 10 le même jour.

.../...

Humidité après irrigation : (Graph. 26)

Homogénéité moyenne entre les transversales : mais les transversales D et surtout E sont décalées vers les faibles humidités, en particulier en profondeur pour E.

Teneurs en eau exceptionnellement élevées : 9,5 - 12 % en surface, 15 - 17 % vers 50 - 60 cm (sauf E), 14 - 15 % vers 140 cm (sauf E).

Eau retenue : (Graph. 27)

A l'exception de la transversale E au-dessous de 80 cm, les résultats de rétention d'eau sont relativement homogènes : la pénétration de l'eau est très supérieure à 140 cm. L'eau retenue varie de 6 - 9 % en surface à 7,5 - 9,5 % vers 50 cm, 4,5 - 7,0 % vers 80 cm, 4 - 6 % vers 140 cm. Seule la transversale E est demeurée sèche au-dessous de 80 cm.

Les hauteurs d'eau retrouvées sur 140 cm sont très homogènes (et naturellement très inférieures à la dose apportée de 270 mm) : 157 à 161 mm sur les transversales A B C D, 102 mm sur la transversale E.

Commentaire

La faiblesse du débit utilisé (5 l/sec) a entraîné, malgré la pente de 9,5 ‰, une forte variation du temps de submersion (graph. 28) (6 heures en tête de parcelle, 5 h 30 au milieu, 4 h 30 au 3ème quart, 3 h vers 60 m, 1 heure en fin de parcelle). L'infiltration est donc très profonde, et la dose très élevée, de sorte qu'il n'est pas possible d'apprécier la répartition de l'eau. On note toutefois que la transversale E (fin de parcelle) a reçu moins d'eau que les autres.

On note également la bonne homogénéité des résultats après irrigation, due peut-être à la faiblesse du débit utilisé, mais aussi au fait que le taux d'humidité atteint est proche de sa valeur maximum pour des sols de ce type.

Conclusion

Le débit 5 litres/sec/6 mètres conduit à des doses excessives dans les conditions étudiées et à de fortes différences dans la durée de la submersion du sol selon les divers points de la parcelle.

Avec le débit 10 litres/sec/6mètres, la répartition est assez irrégulière, la moitié amont de la parcelle recevant un léger excès d'eau au détriment de la moitié aval.

5) Irrigation R.E. 5

Date : 29/11/67 Lot : III Planches 10 et 11 (68 m, 9,5‰)

Débit : Planche 10 10 l/sec/6m Doses : Planche 10 : 67,5 mm
 Planche 11 12,5 l/sec/6m Planche 11 : 52,5 mm

Transversales : A B C D E
 6 17 37 47 61 m

Résultats : Voir graphiques 29 à 34

Planche 10

Humidité avant irrigation : (Graph. 29)

Très bonne homogénéité des résultats, mais les teneurs en eau à faible profondeur sont en moyenne plus élevées qu'avant les irrigations précédentes. Ce fait est imputable soit à la dose relativement forte amenée lors de l'irrigation RE 4 (92 mm) soit à des pluies récentes, soit à l'irrigation des parcelles situées de part et d'autre des planches étudiées.

La teneur en eau passe de 5,5 - 6,5 % en surface à 5 - 6 % vers 30 cm, à 9 - 10,5 % vers 100 cm, et se stabilise ensuite en profondeur.

Humidité après irrigation : (Graph. 30)

Hétérogénéité marquée entre 30 et 100 cm, les transversales B et C étant les plus humides à ces profondeurs, la transversale E étant de loin la plus sèche. Entre 0 et 30 cm d'une part et 100 - 140 cm d'autre part. Les résultats des diverses transversales sont très voisins les uns des autres, et toujours proches de 10 % dans les deux cas.

Eau retenue : (Graph. 31)

Hauteur mouillée : Transversale B : 100 cm
 Transversales A C D : 80 - 90 cm
 Transversale E : 70 cm

- . Pour les transversales A C D, l'eau retenue passe de 3 - 5 % en surface à 5,5 - 6,5 % vers 50 - 60 cm de profondeur pour diminuer ensuite régulièrement.
- . Pour la transversale B, l'eau retenue passe de 4 % en surface à 7 - 7,5 % vers 40 - 50 cm, puis décroît régulièrement.
- . Pour la transversale E, l'eau retenue diminue plus ou moins régulièrement de la surface (4,5 %) vers la profondeur.

L'eau retrouvée sur 140 cm s'établit aux valeurs suivantes dans l'ordre des 5 transversales : 68, 79, 64, 66, 41 mm. La

.../...

moyenne de ces 5 transversales est voisine de 64 mm, pour une dose apportée de 67,5 mm.

Commentaire

Le débit 10 l/sec conduit à une légère irrégularité de la distribution de l'eau en faveur de l'amont de la parcelle et au détriment de la partie aval. Le maximum obtenu se situe au niveau du 1er tiers de parcelle. La diminution de l'eau retenue est ensuite relativement régulière.

Planche 11

Humidité avant irrigation : (Graph. 32)

Homogénéité satisfaisante des résultats, mais humidité sensiblement plus élevée sur la transversale B (sur tout le profil, mais plus particulièrement entre 40 et 80 cm) puis sur A et C, que sur les transversales D et E. En outre, le taux d'humidité des horizons de surface est plus fort que pour les irrigations antérieures : 5,5 - 6,5 % en surface, 4,5 - 6,5 % à 30 cm, 8,5 - 10 % à 1 m, 9,5 - 10,5 % à 140 cm. Ce phénomène a déjà été signalé ci-dessus pour la planche 10.

Humidité après irrigation : (Graph. 33)

Groupement relativement homogène des valeurs obtenues, le classement respectif des transversales restant exactement le même qu'avant irrigation : 9,5 - 12 % en surface, 9 - 11,5 % vers 30 cm, 11 - 14 % vers 60 cm, 9,5 - 11 % à 1 m, 9,5 - 10,5 % vers 140.

Eau retenue : (Graph. 34)

Bonne homogénéité des résultats. Profondeur mouillée : 70 cm pour D, 80 - 90 cm pour les autres transversales. Le pourcentage d'eau retenue passe régulièrement de 4 - 5,5 % en surface à 4,5 - 6 % vers 50 cm, puis diminue.

Les hauteurs d'eau retrouvées sur les 5 transversales sont, dans l'ordre de l'amont vers l'aval, de 69, 61, 60, 56, 64 mm. Moyenne des 5 transversales : 62 mm.

Commentaire

Le débit 12,5 l/sec/6 mètres a donc conduit à une répartition homogène de l'eau d'irrigation dans cet essai. Il a également permis d'obtenir une distribution régulière en profondeur de l'eau retenue.

Conclusion de l'irrigation R.E. 5

Les résultats de cette irrigation sont en faveur de l'adoption d'un débit de 12,5 l/sec/6 mètres, débit qui a fourni le meilleur type de répartition de l'eau parmi les 5 irrigations étudiées.

Commentaire

Le débit 25 l/s/11 m sur pente de 16‰ a conduit à une répartition satisfaisante de l'eau d'irrigation sur la parcelle étudiée, ceci malgré une certaine hétérogénéité de cette parcelle au départ.

Planche 12 ‰

Humidité avant irrigation : (Graph. 38)

Meilleure homogénéité que sur la planche 16 ‰ entre les transversales, mais la transversale A présente le phénomène signalé sur cette dernière pour la transversale B : humidité plus élevée entre 20 et 50 cm, plus faible entre 80 et 120 cm.

Pour les transversales B C D E, passage de 4 - 5 % d'humidité en surface à 6 - 7 % vers 50 cm, 6,5 - 7,5 % vers 80 cm, 8,5 - 9,5 % vers 1 mètre, 10 % vers 140 cm.

Humidité après irrigation : (Graph. 39)

Bonne homogénéité des résultats, la transversale A présentant après irrigation un décalage analogue à celui signalé avant irrigation. Les résultats des 4 autres transversales sont très bien groupés : Teneur en eau de 12 - 12,5 % en surface, se maintenant ainsi jusqu'à 40 cm, diminution progressive jusqu'à 6,5 - 7,5 % vers 80 cm et augmentation jusqu'à 10 % vers 140 cm.

Eau retenue : (Graph. 40)

Très bonne homogénéité des résultats, la rétention d'eau 5 heures après irrigation s'établissant pour A B C D E respectivement à 64, 64, 61, 67 et 62 mm (moyenne 63,6). La profondeur mouillée est dans tous les cas de 70 - 80 cm.

Commentaire

Répartition très régulière de l'eau d'irrigation sur la planche étudiée. La profondeur mouillée est constante sur toute la parcelle.

Conclusion de l'irrigation R.E. 6

Le débit 25 l/sec/11 mètres, retenu à la suite des expériences antérieures, se révèle conduire à une répartition optimum de l'eau sur les parcelles étudiées. Il conduit à l'application d'une dose supérieure sur la pente plus faible : 70 mm contre 60 mm en dose théorique, 64 contre 52 retrouvés dans le sol. La profondeur d'humectation 5 heures après irrigation est pratiquement constante sur les diverses transversales : 50 - 60 cm pour 16 ‰, 70 - 80 cm pour 12 ‰.

La répartition de l'eau sur la parcelle ne semble pas affectée sensiblement par la pente. Tout au plus peut-on noter une homogénéité de répartition un peu moins bonne pour 16 ‰ que pour 12 ‰, ceci essentiellement par suite du profilage de la parcelle.

.../...

7) Irrigation R.E. 7

Date : 1/2/68 Lot : IV Planches :

16 %	68 m
8 %	68 m

Débit :	25 l/sec/11 m	Doses :	16 ‰	52 mm
			8 ‰	84 mm

Transversales :	A	B	C	D	E
	8	19	32	45	58 m

Résultats : Voir graphiques 41 à 46

Planche 16 %

Humidité avant irrigation : (Graph. 41)

Dans l'ensemble, les remarques faites sur cette même planche pour l'humidité avant l'irrigation du 16/1/1968 restent valables : forme différente du profil hydrique, comportement particulier de la transversale B. Les taux d'humidité obtenus sont toutefois plus élevés, dans l'ensemble, que le 16/1.

Humidité après irrigation : (Graph. 42)

Homogénéité satisfaisante des résultats. La transversale B est dans l'ensemble plus humide que les autres. Les transversales D et E sont plus sèches entre 40 et 80.

Eau retenue : (Graph. 43)

Très bonne homogénéité des résultats. La profondeur mouillée est de 50 cm pour B D E, de 70 cm pour A C. La rétention d'eau diminue régulièrement de la surface jusqu'à ces profondeurs.

Les hauteurs d'eau retrouvées sont de 42, 36, 41, 41, 37 mm soit une moyenne de 39 mm, sensiblement inférieure à la dose apportée (52 mm) mais la répartition le long de la parcelle est très bonne.

Commentaire

La dose retrouvée est sensiblement inférieure à la dose annoncée, mais la répartition sur la parcelle est satisfaisante.

Planche 8 %

Humidité avant irrigation : (Graph. 44)

Humidité relativement élevée dans l'ensemble. Les transversales D et E, en particulier, ont déjà un taux d'humidité considérable entre 40 et 80 cm. Toutes les transversales sont à 5,5 - 6,5 % à 20 cm, 6,5 - 7,5 % vers 40 cm.

• • • / • • •

Humidité après irrigation : (Graph. 45)

Résultats homogènes, sauf entre 70 et 100 cm de profondeur. La teneur en eau passe de 10,5 - 12 % en surface, à 11 - 12,5 % vers 50 cm, puis diminue, rapidement sur les transversales A et E, moins vite sur B et D, lentement sur C.

Eau retenue : (Graph. 46)

Les quantités d'eau retenues diffèrent selon les transversales. La transversale E est humidifiée jusqu'à 80 cm environ. Elle a fixé peu d'eau entre 40 et 80 cm.

La transversale C a été mouillée sur plus de 140 cm. Elle a retenu beaucoup d'eau en profondeur, en 60 et 120 cm.

Les transversales A B C ont des comportements voisins.

En définitive, les hauteurs d'eau retenues sont respectivement de 68, 71, 84, 65 et 55 mm, soit en moyenne 69 mm pour un apport théorique de 84 mm.

Commentaire

La répartition de l'eau lors de l'irrigation de la planche 8 ‰ n'est pas régulière le long de cette planche.

Conclusion de l'irrigation R.E. 7

En ce qui concerne la planche 16 ‰, on observe une bonne répartition de l'eau le long de la parcelle, bien que la dose retrouvée soit sensiblement inférieure à la dose apportée. Le débit 25 l/sec/11 m est donc encore justifié.

En ce qui concerne la planche 8 ‰, la répartition de l'eau est beaucoup moins satisfaisante. On retrouve un maximum d'eau dans la portée médiane de la planche, et des valeurs plus faibles en amont et en aval. On peut donc penser que, sur pente de 8 ‰, le débit de 25 l/sec/11 m était un peu insuffisant pour permettre une bonne distribution de l'eau, et qu'un débit plus élevé aurait permis une alimentation meilleure de la moitié aval de la parcelle.

Toutefois, les différences de comportement des diverses transversales ne permettent pas de retenir de façon définitive cette hypothèse, et d'éliminer la possibilité d'un incident de mesure. Il a été noté par exemple la présence d'une tache de végétation (orge) dense à hauteur de la transversale C : il n'est pas impossible que cette tache corresponde à un freinage de l'eau, qui expliquerait la rétention élevée à ce niveau.

.../...

8) Irrigation R.E. 8

Date : 17/2/68 Lot : IV Planches : 16 ‰ 12 ‰ 8 ‰

Débit : 25 l/sec/11 m Doses apportées : 16 ‰ 40 mm
12 ‰ 60 mm
8 ‰ 70 mm

Remarque : 8 mm de pluie sont tombés entre les 2 prélèvements, et doivent donc s'ajouter à la dose apportée.

Transversales :	A	B	C	D
	8	26	42	58 m

Résultats : Voir graphiques 47 à 55

Planche 16 ‰

Humidité avant irrigation : (Graph. 47)

Bonne homogénéité pour les transversales B C D, mais la transversale A présente un comportement différent : humidité plus forte de 20 à 80 cm, avec un maximum vers 70 cm (10,5 ‰), puis diminution vers 100 et 120 cm. Pour les 3 autres transversales, l'humidité croît assez régulièrement de la surface (3,5 - 4,5 ‰) jusqu'à 140 cm (9,5 - 10,5 ‰).

On observera que ces profils se différencient assez sensiblement de ceux obtenus sur la même planche lors des irrigations du 16/1 et du 1/2/68. (Sècheresse relative de la partie supérieure du profil).

Humidité après irrigation : (Graph. 48)

Reproductibilité satisfaisante des résultats sur les diverses transversales, exception faite d'une pointe d'humidité entre 60 et 80 cm sur la transversale A. Taux d'humidité homogène sur les 30 cm supérieurs du sol (11 - 13 ‰) puis décroissance rapide jusqu'à 60 cm (6 - 7,5 ‰).

Eau retenue : (Graph. 49)

Bonne homogénéité des résultats. Hauteur mouillée : 50 cm pour A et C, 60 cm pour D, 70 cm pour B.

Diminution régulière de l'eau retenue d'abord lente sur 40 cm, très rapide ensuite. Les quantités d'eau retrouvées sur A B C D sont respectivement de 45, 51, 56 et 48 mm, soit une moyenne de 50 mm environ (Dose apportée : 40 mm + 8 mm de pluie).

Commentaire

La répartition de l'eau sur la planche est assez régulière avec un léger excès en milieu de parcelle, et la dose apportée a été retrouvée avec une précision satisfaisante.

Planche 12 ‰

Humidité avant irrigation : (Graph. 50)

Bonne homogénéité des résultats, avec un léger décalage des transversales A et B vers les humidités plus fortes entre la surface et 60 cm de profondeur. Passage régulier de 3,5 - 4,5 % en surface, à 7 - 7,5 % vers 80 cm, et à 10 - 11 % vers 140 cm.

Humidité 5 heures après irrigation : (Graph. 51)

Homogénéité moyenne des résultats. La transversale D est moins humide que les autres entre 0 et 40 cm, plus humide de 50 à 80. Les teneurs en eau passent de 12,5 - 13,5 % d'eau en surface à 10 - 12 % vers 50 cm et à 7 - 8,5 % vers 80 cm.

Eau retenue (Graph. 52)

Répartition assez régulière de l'eau retenue sur les 4 transversales. Hauteur mouillée : 60 à 80 cm. Décroissance régulière de la surface vers la profondeur.

Les hauteurs d'eau retrouvées sont respectivement pour A B C D : 57, 57, 65, 65 mm. Moyenne générale 61 mm (pour une dose de 60 + 8 mm)

Commentaire

On observe une légère dissymétrie dans la répartition de l'eau, la moitié aval ayant reçu 8 mm de plus que la partie amont.

Planche 8 ‰

Humidité avant irrigation : (Graph. 53)

La transversale A est relativement peu humide au-dessous de 50 cm, alors que la transversale D est sensiblement plus humide à partir du même niveau. Dans l'ensemble, le sol peut être considéré comme sec lors de l'irrigation (3 - 3,5 % en surface, 4 - 5 % vers 40 cm).

Humidité après irrigation : (Graph. 54)

Le décalage signalé pour la transversale D avant irrigation se retrouve après irrigation, et aux mêmes profondeurs. Les taux d'humidité enregistrés entre 0 et 60 cm de profondeur sont relativement peu variables (10 - 12 %).

Eau retenue : (Graph. 55)

Homogénéité assez satisfaisante des résultats. Hauteur mouillée de 80 cm sur A et D, 100 cm sur C, 140 cm sur B. Les hauteurs d'eau retrouvées sur A B C D sont respectivement de 79, 80, 78 et 83 mm, soit une moyenne de 80 mm (Dose apportée 70 + 8 mm). La reproductibilité est donc excellente, et on retrouve presque exactement la dose apportée. La répartition de l'eau sur la planche peut être considérée comme presque parfaite.

Conclusion de l'irrigation R.E.8

Sur les 3 planches étudiées, on peut considérer que la répartition de l'eau a été satisfaisante, l'optimum ayant été atteint sur la planche 8 ‰, les 2 autres parcelles ayant permis d'observer un léger excès d'eau dans la moitié aval. On peut se demander si cette légère inégalité de répartition n'est pas due au débit de 25 l/s/11m utilisé (au lieu de 25 l/s/12 m). Cette remarque viendrait à l'appui de ce qui a été observé lors de l'irrigation R.E. 7.

9) Conclusion générale

Des divers résultats obtenus au cours des irrigations sur grands calants, on peut tirer les conclusions suivantes :

1) Effet de l'état du sol au moment de l'irrigation

Il est évident que, pour un même débit et une même pente du sol, les quantités d'eau nécessaires pour atteindre l'extrémité aval du calant seront très différentes selon l'état de l'humidité du sol. Elle doit logiquement diminuer au fur et à mesure que le sol devient plus humide.

Ce comportement est illustré par les mesures effectuées sur la planche 10, Lot III, le 23/9, le 14/11 et le 29/11/1967 (Irrigations RE 1, RE 4, RE 5). Les doses apportées sur cette même planche et pour un même débit de 20 l/sec/12 m sont respectivement de 159, 92 et 68 mm. Le débit utilisé sur cette planche conduit à une répartition irrégulière de l'eau, la moitié amont de la parcelle recevant plus d'eau que la moitié aval, mais cette dissymétrie tend à s'atténuer avec le temps, ou, en d'autres termes, au fur et à mesure que la dose (la durée d'irrigation) diminue.

On peut également observer que la distribution le long du calant du temps de submersion, pour un même débit et sur une même pente, peut varier d'une irrigation à l'autre : par exemple (graphique 56), dans le lot IV, planche 16 ‰, on constate que la durée de submersion devient progressivement constante du haut en bas du calant au fur et à mesure que les irrigations se succèdent (RE 6, 7 et 8). Ce phénomène peut être imputé à une modification progressive de la surface du sol sous l'effet des irrigations successives, et qui aura des incidences sur l'homogénéité de la répartition de l'eau d'un bout à l'autre de la parcelle.

2) Effet de la pente du sol

Pour un débit donné, et pour un état comparable à la surface du sol, la pente intervient sur la dose d'irrigation : plus la pente est forte, plus la vitesse d'avancement de l'eau est rapide, et plus la durée d'irrigation sera courte, donc la dose faible. Ce fait est bien mis en évidence par l'irrigation RE 8. Pour un même débit de 25 l/sec/11 m, la dose apportée passe de 40 mm sur pente de 16 ‰, à 60 mm pour 12 ‰, et à 70 mm pour 8 ‰.

.../...

Mais il ne semble pas que la pente joue un rôle capital dans la répartition de l'eau sur le calant. Dans le cas de l'irrigation R.E. 6, la répartition est excellente sur 12 ‰; bonne sur 16 ‰.

Dans le cas de l'irrigation R.E. 7, la répartition est bonne pour 16 ‰, assez irrégulière pour 8 ‰.

Dans le cas de l'irrigation R.E. 8, la répartition est légèrement dissymétrique pour 16 et 12 ‰, très bonne pour 8 ‰.

Il ne se dégage donc pas de tendance systématique en faveur d'un mode de répartition de l'eau lié à la pente du terrain. Mais on peut observer l'existence d'une corrélation, assez lâche, entre la dose d'eau retrouvée dans le sol au niveau d'une transversale donnée et la durée de submersion sur cette transversale. Il s'agit donc, en fait, d'un mode d'expression particulier de la perméabilité du sol. Cette corrélation établie à partir de 65 points, et en écartant les valeurs pour lesquelles la pénétration de l'eau avait dépassé 140 cm, conduit à estimer la dose d'eau retrouvée à (Graph. 57) :

50	+	15 mm	pour une durée de submersion de 20 minutes			
65	+	15 mm	"	"	"	30 minutes
80	+	15 mm	"	"	"	45 minutes
100	+	10 mm	"	"	"	1 heure

La nature de cette relation est naturellement fonction de l'état du sol lors de l'irrigation, mais aussi probablement de la profondeur d'apparition de la couche à nodules calcaires.

3) Effet du débit d'irrigation

C'est ce facteur qui paraît en définitive exercer le rôle déterminant sur la répartition de l'eau, tout en manifestant une influence sensible sur la dose unitaire.

- En premier lieu, et toutes choses égales d'ailleurs, les doses apportées sont d'autant plus élevées que le débit est plus faible, par suite de l'augmentation du temps de ruissellement de l'eau sur la parcelle. Par exemple, dans l'irrigation R.E. 3, le débit 10 l/sec/12 m conduit à apporter 101 mm, alors que le débit double permet d'appliquer une dose moitié (52,5 mm). La différence est encore plus marquée dans l'irrigation R.E. 4 : 270 mm pour 10 l/sec/12 m, contre 92 mm pour 20 l/sec/12 m. Dans le cas de l'irrigation R.E. 5, on arrive à 67,5 mm pour 20 l/sec/12 m contre 52,5 mm pour 25 l/sec/12 m. De tels exemples sont encore fournis pour les irrigations R.E. 6, 7 et 8.

On constate en outre que les débits de 10 l/sec/12 m conduisent très généralement à des doses très fortes : 101 mm sur pente de 10 ‰, 270 mm sur pente de 6 ‰.

.../...

Les débits de l'ordre de 20 l/sec/12 m conduisent à appliquer des doses plus faibles lorsque le sol a déjà été humidifié par une irrigation précédente, mais encore élevées quand le sol est très sec après un arrêt des irrigations : 160 mm pour R.E. 1, 92 mm pour R.E. 4.

Les débits de l'ordre de 25 ou 30 l/sec/12 m permettent d'appliquer des doses faibles, de l'ordre de 40 à 60 mm.

- En second lieu, la distribution de l'eau sur la parcelle semble liée au débit.

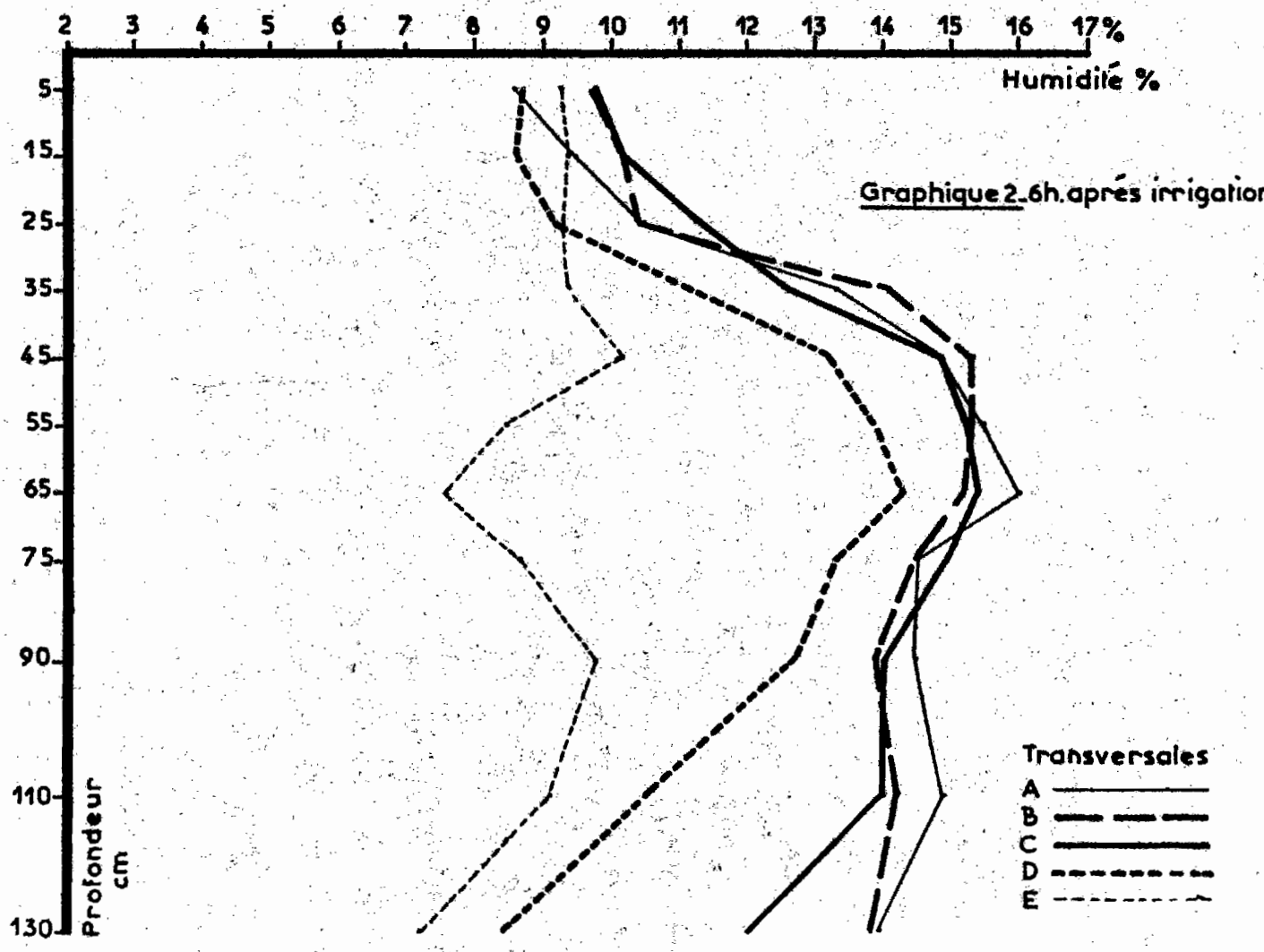
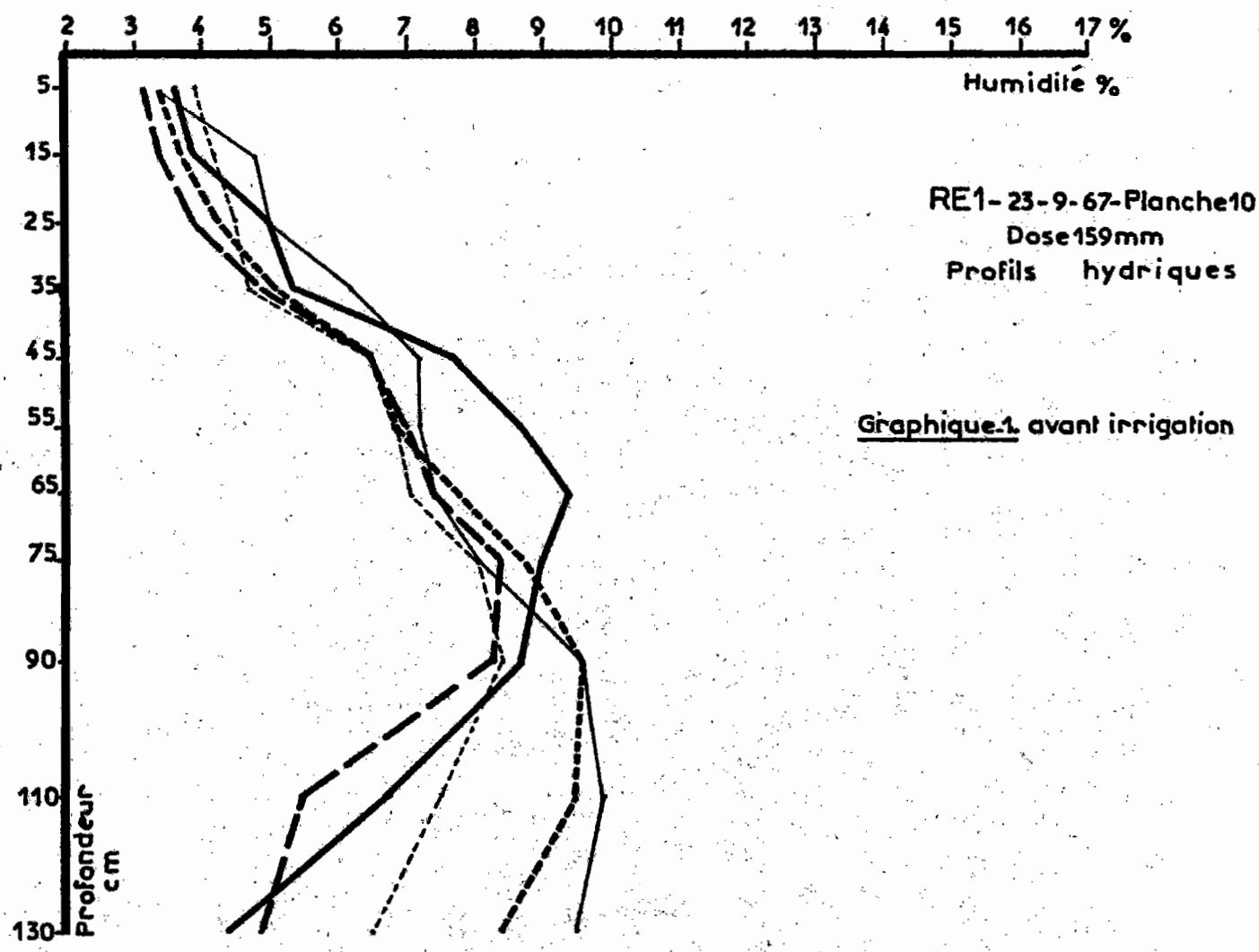
Dans la totalité des cas, les débits de 10 et 20 l/sec/12 mètres entraînent une dissymétrie dans la répartition de l'eau, la moitié amont du calant recevant plus d'eau que la moitié aval (Graph. 58 et 60).

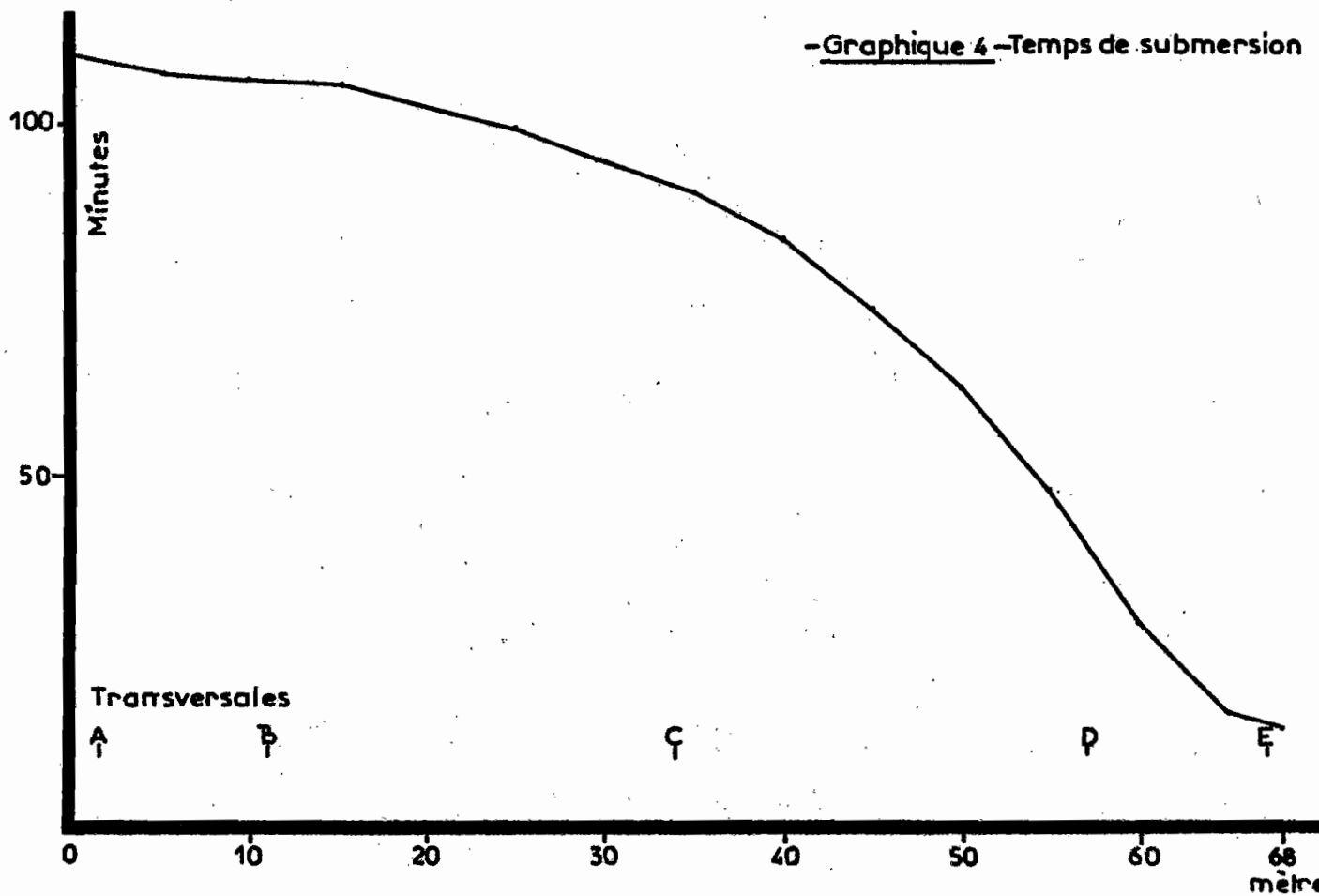
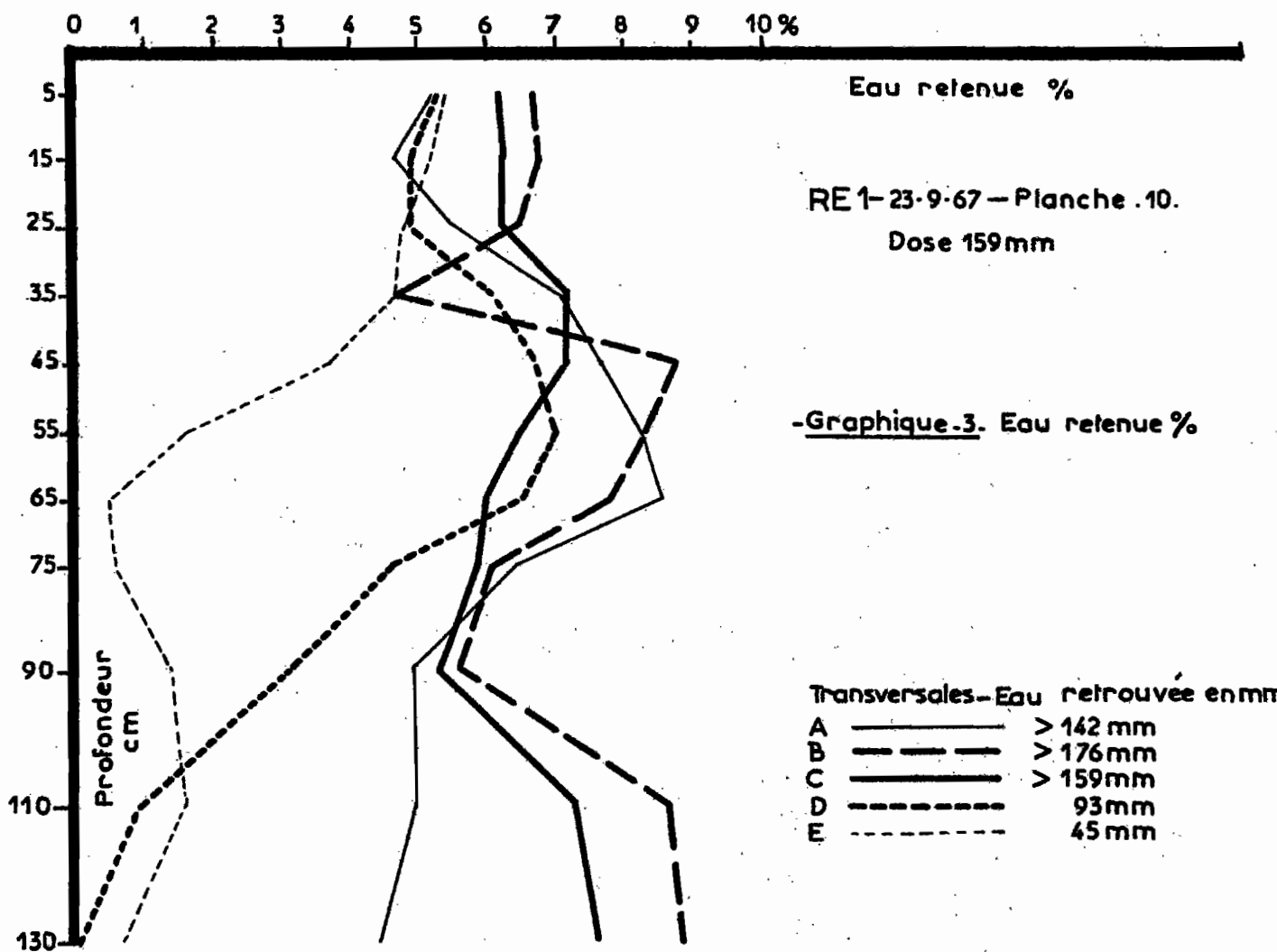
Le seul cas d'irrigation réalisé avec un débit de 30 l/sec/12 m a conduit à une distribution inverse, la moitié aval recevant un peu plus d'eau que la moitié amont (Graph. 60).

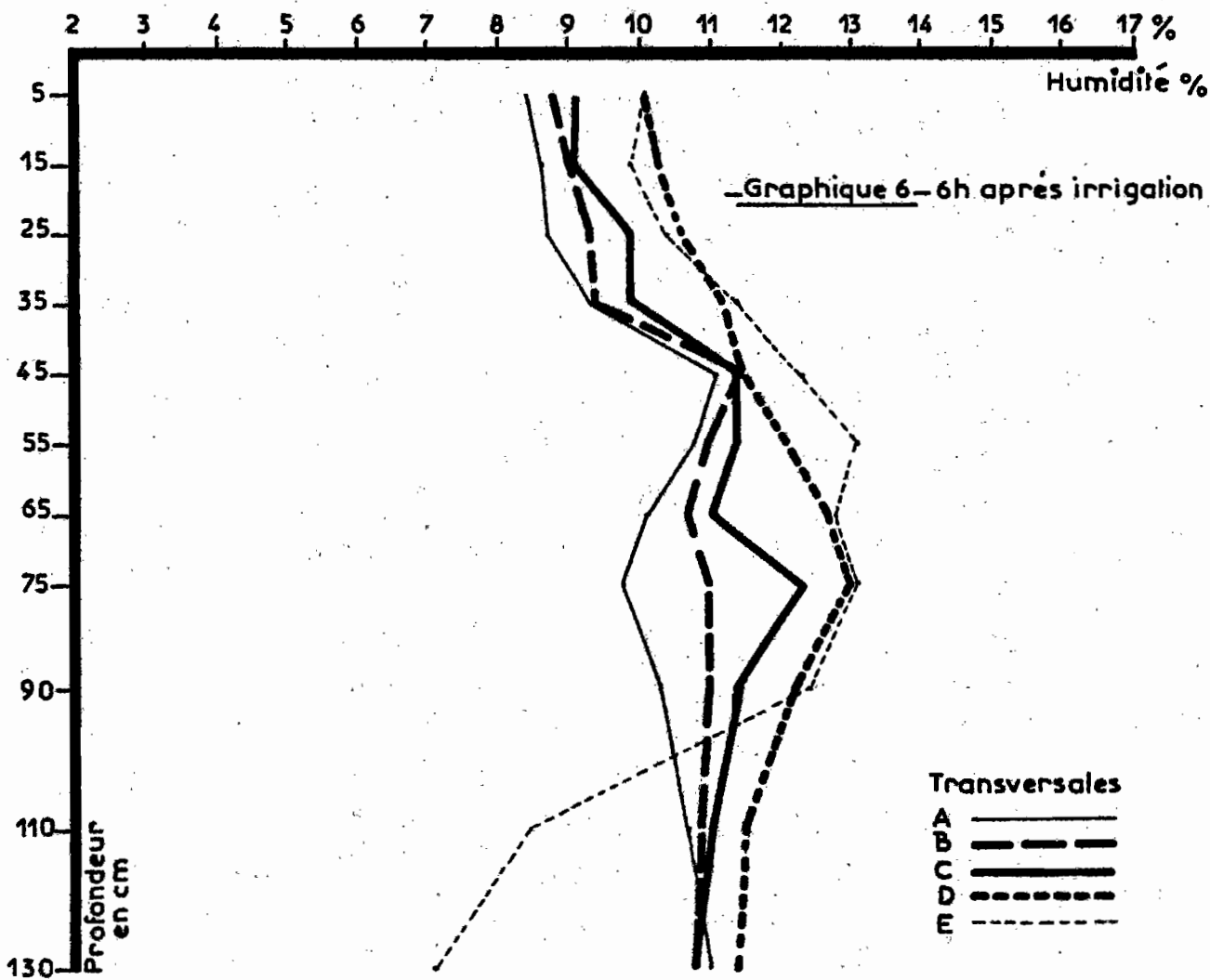
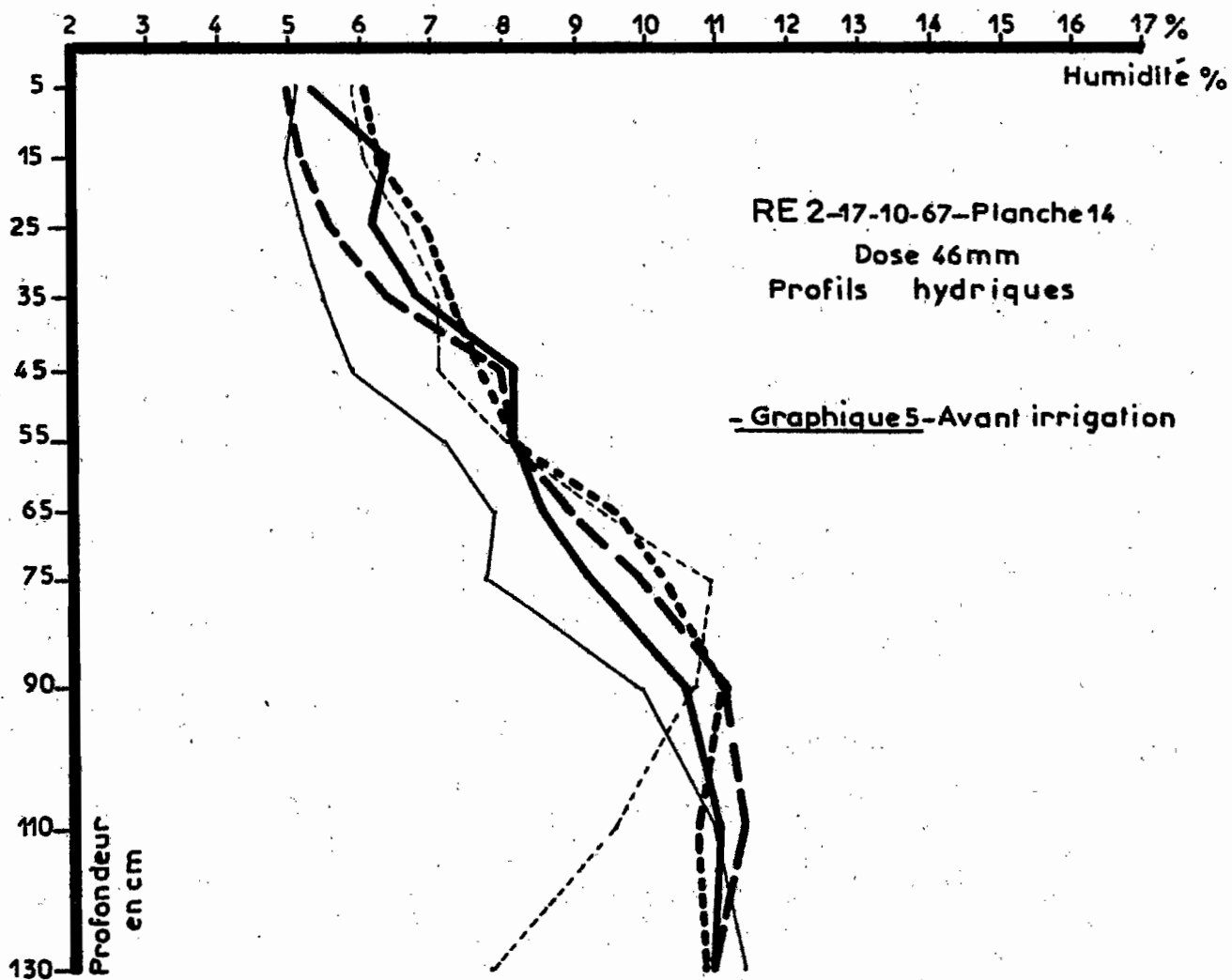
Les débits de l'ordre de 25 l/sec/11 m paraissent donc constituer un optimum pour l'obtention d'une répartition régulière de l'eau sur le calant (Graph. 59). Ce fait peut être vérifié sur l'irrigation R.E. 5, et sur l'ensemble des irrigations R.E. 6, 7 et 8, la seule exception à cette règle étant constituée par l'irrigation de la planche 8 % R.E. 7.

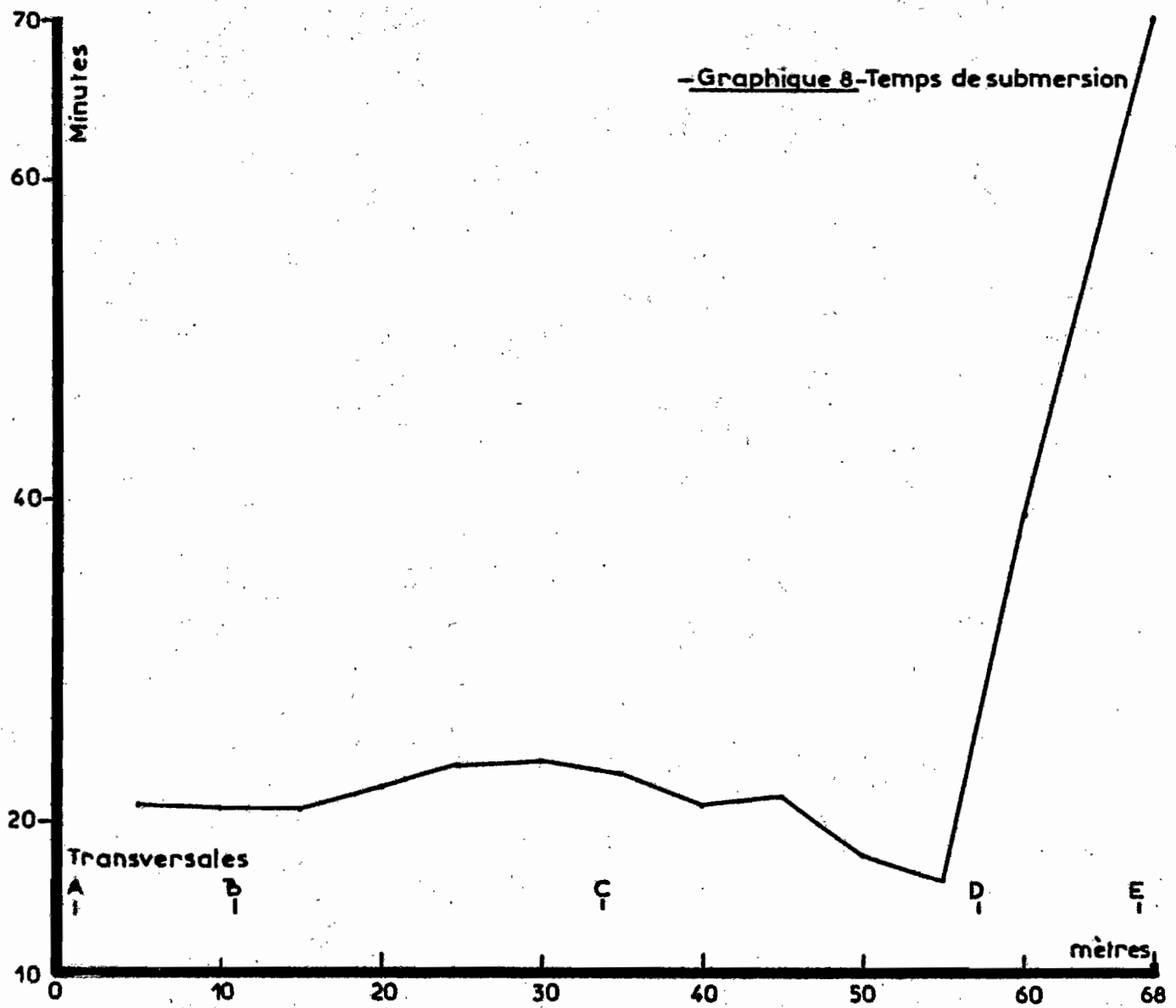
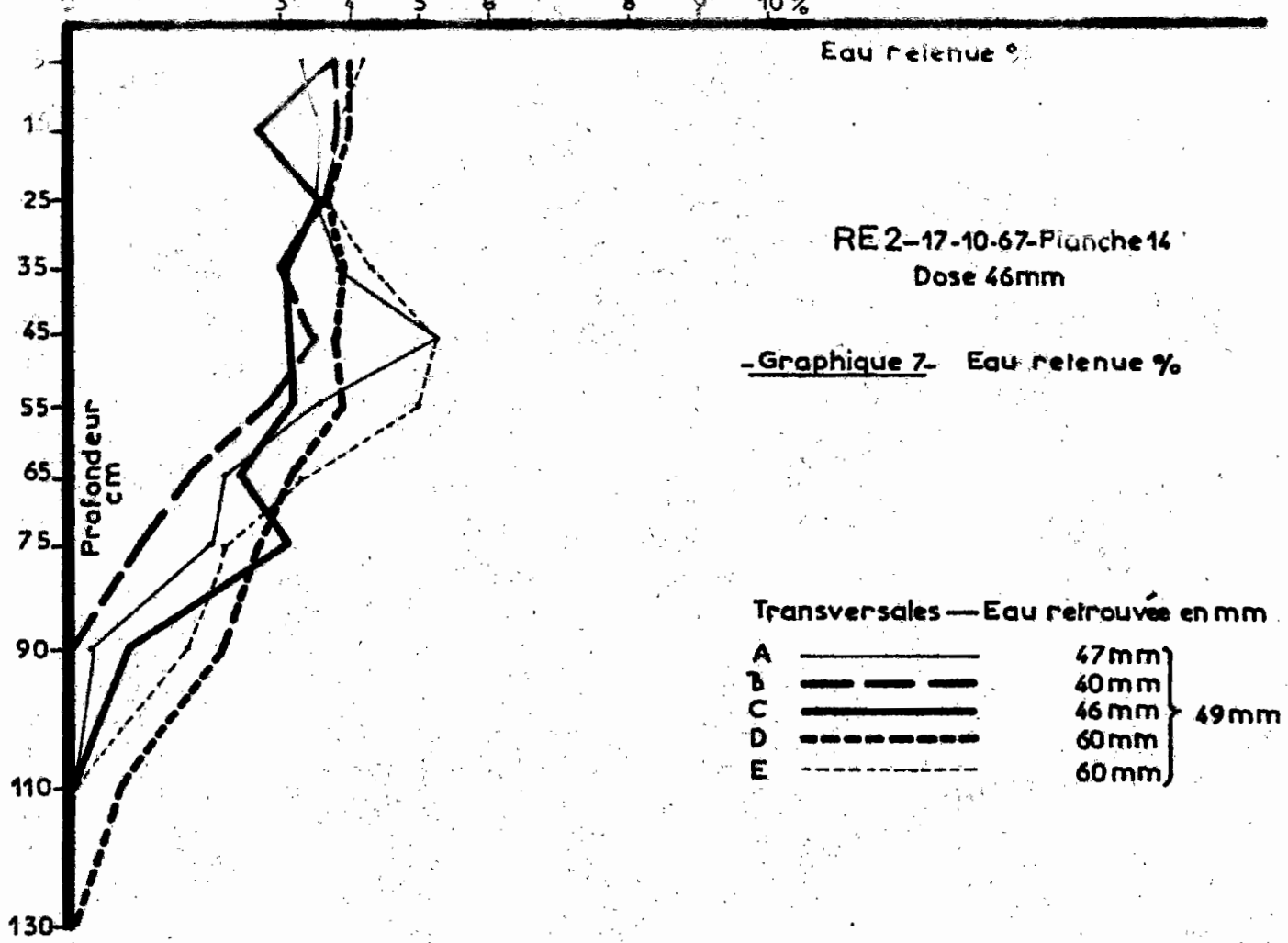
On observe également dans le cas des débits de 25 l/sec/11 ou 12 m une bonne homogénéité de la distribution dans le profil de l'eau retenue après irrigation.

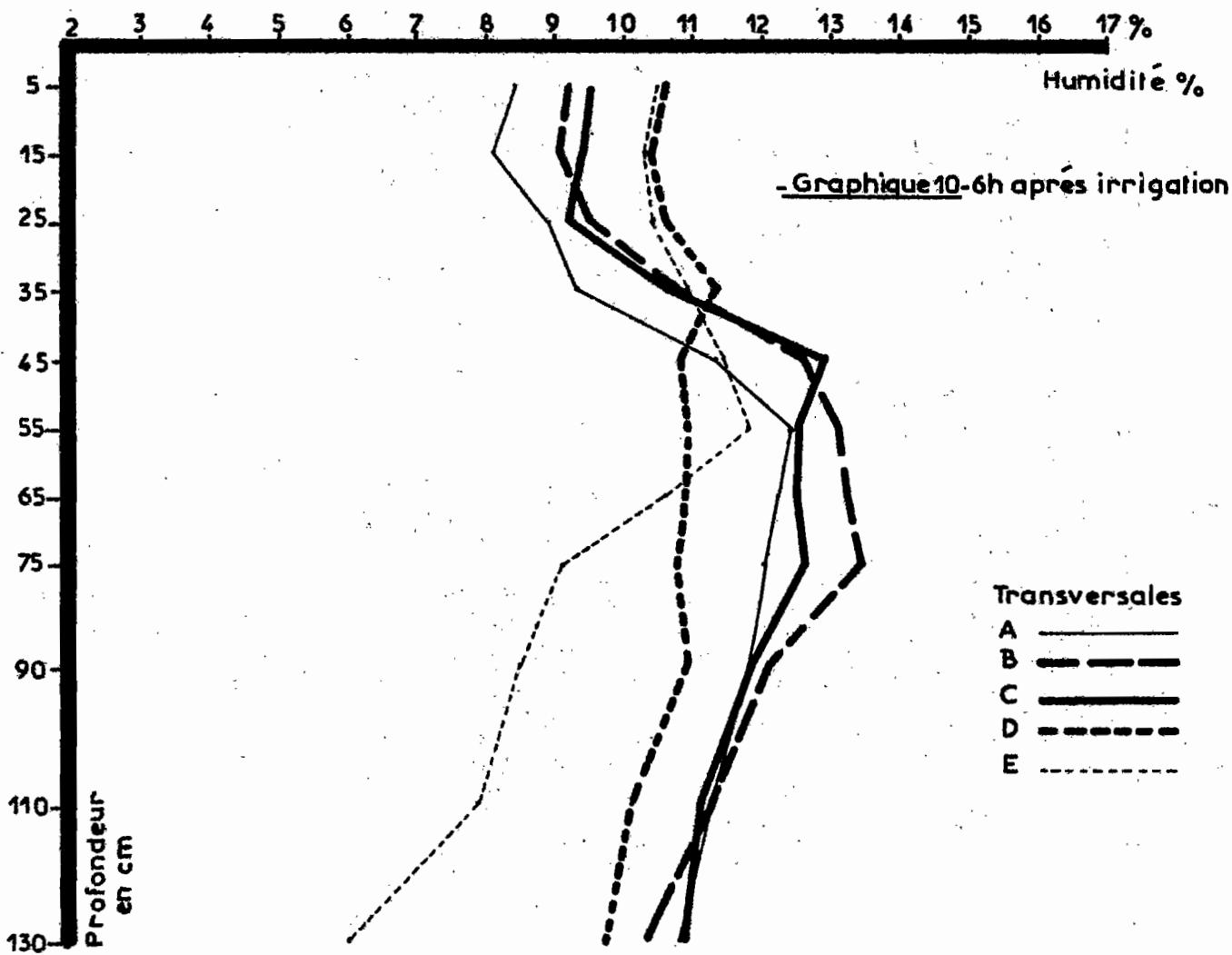
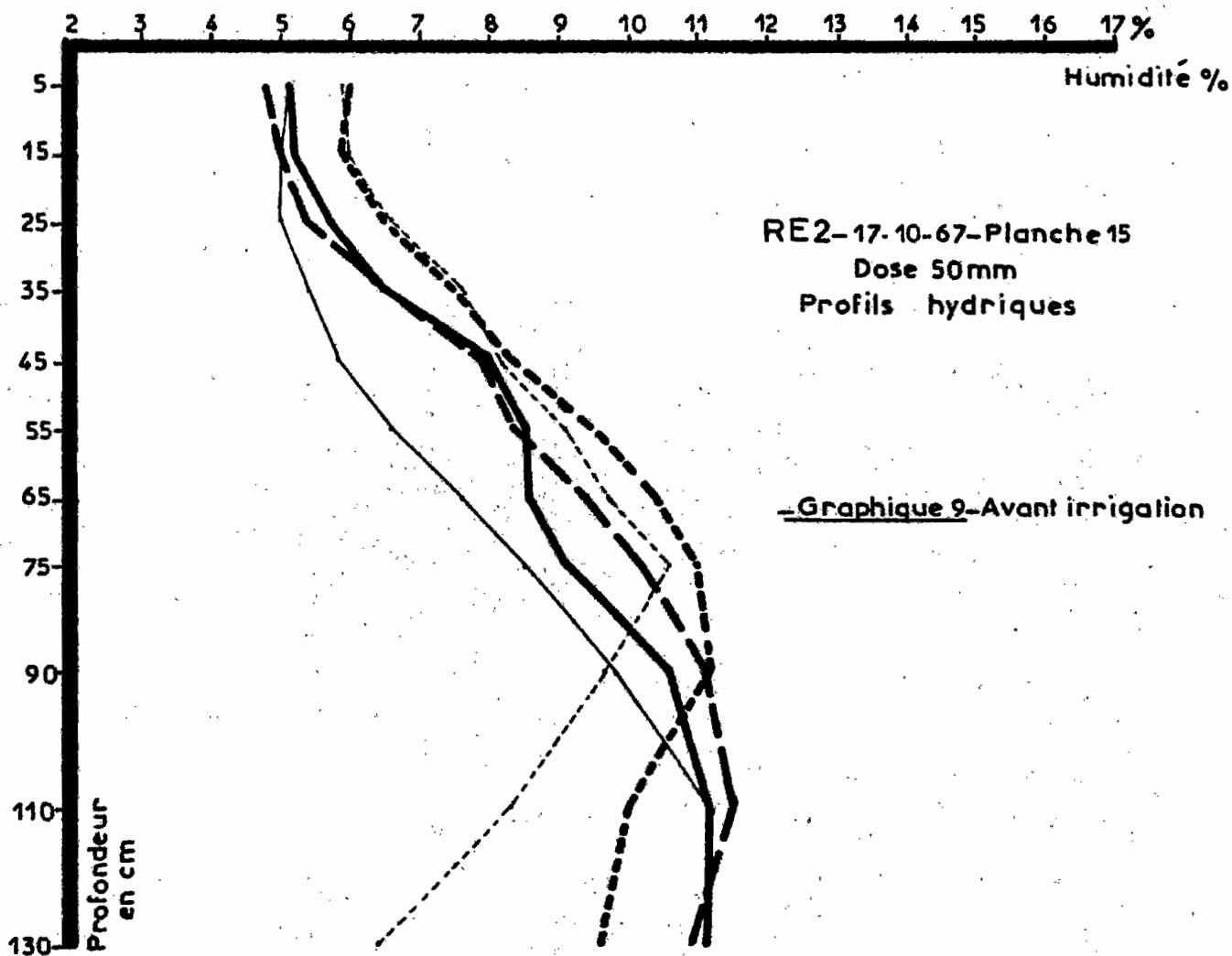
On arrive donc à cette conclusion que le débit de 25 l/sec/12 m peut être considéré comme optimum pour obtenir une bonne répartition de l'eau sur les calants de 68 m de longueur de Ksar Ghériss. Il se révèle susceptible de permettre l'application de doses relativement basses. On peut penser que le débit de 90 l/sec/12 m pourrait être également utilisé d'une part lorsqu'il n'y a pas de risque d'érosion, d'autre part sur les pentes les plus faibles, encore que l'irrigation du 17/10/67 ne soit pas démonstrative à cet égard. Les débits égaux ou inférieurs à 20 l/sec/12 m devraient être réservés à l'application de doses fortes et ne pas être utilisés lorsque le sol est encore meuble après les façons culturales, sous peine d'entraîner des consommations d'eau très élevées, avec pertes importantes en profondeur, et une répartition irrégulière.

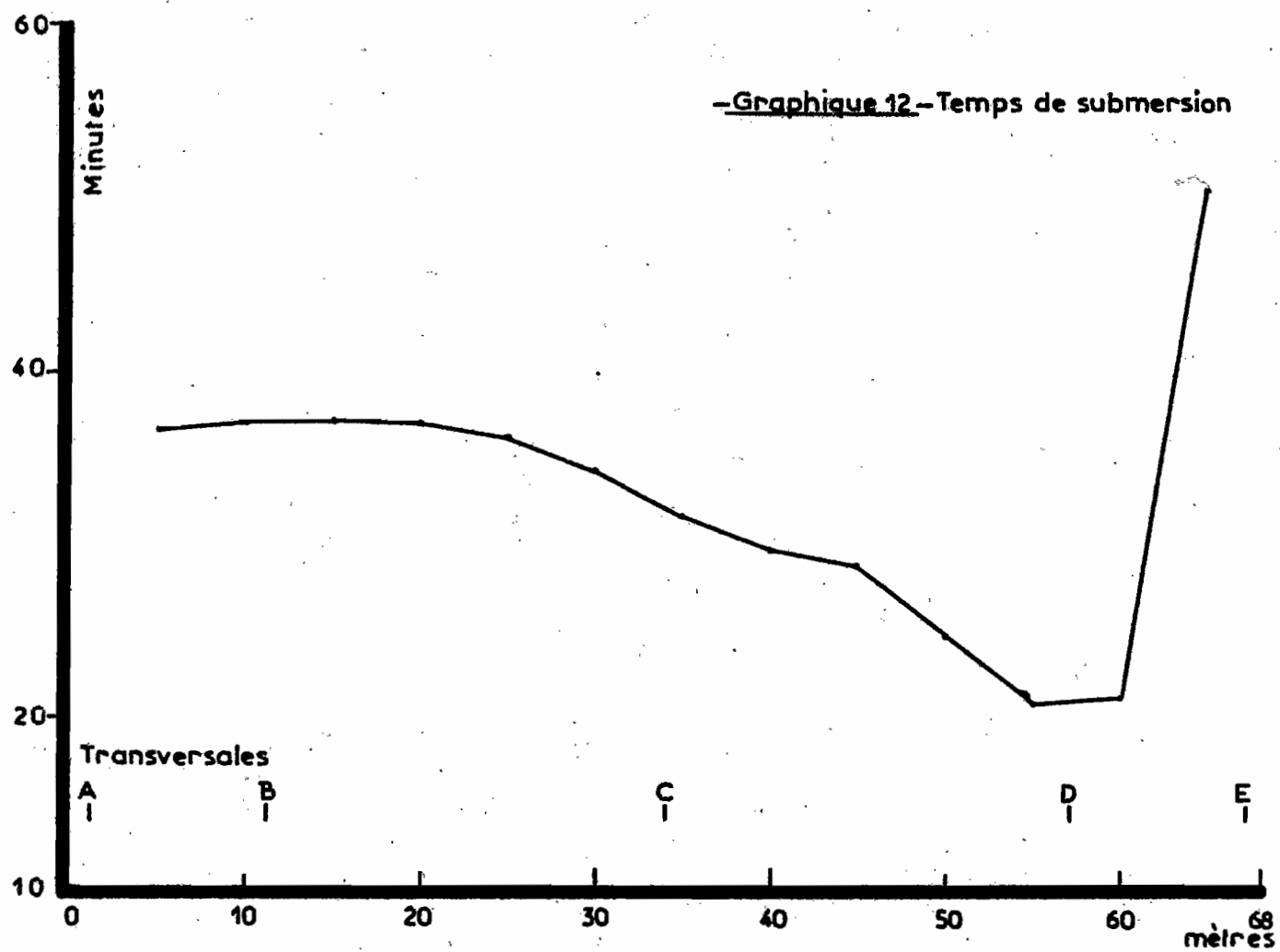
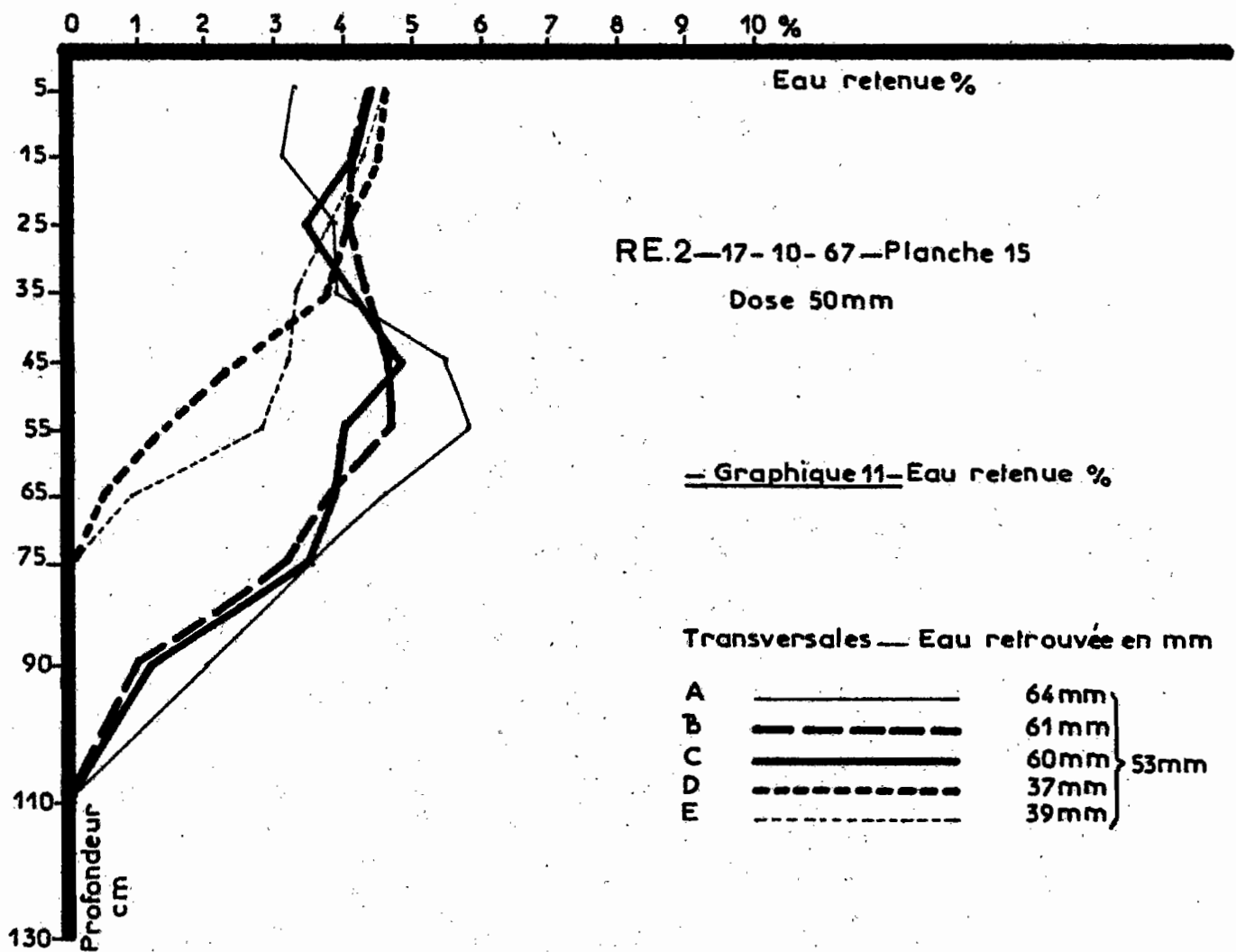


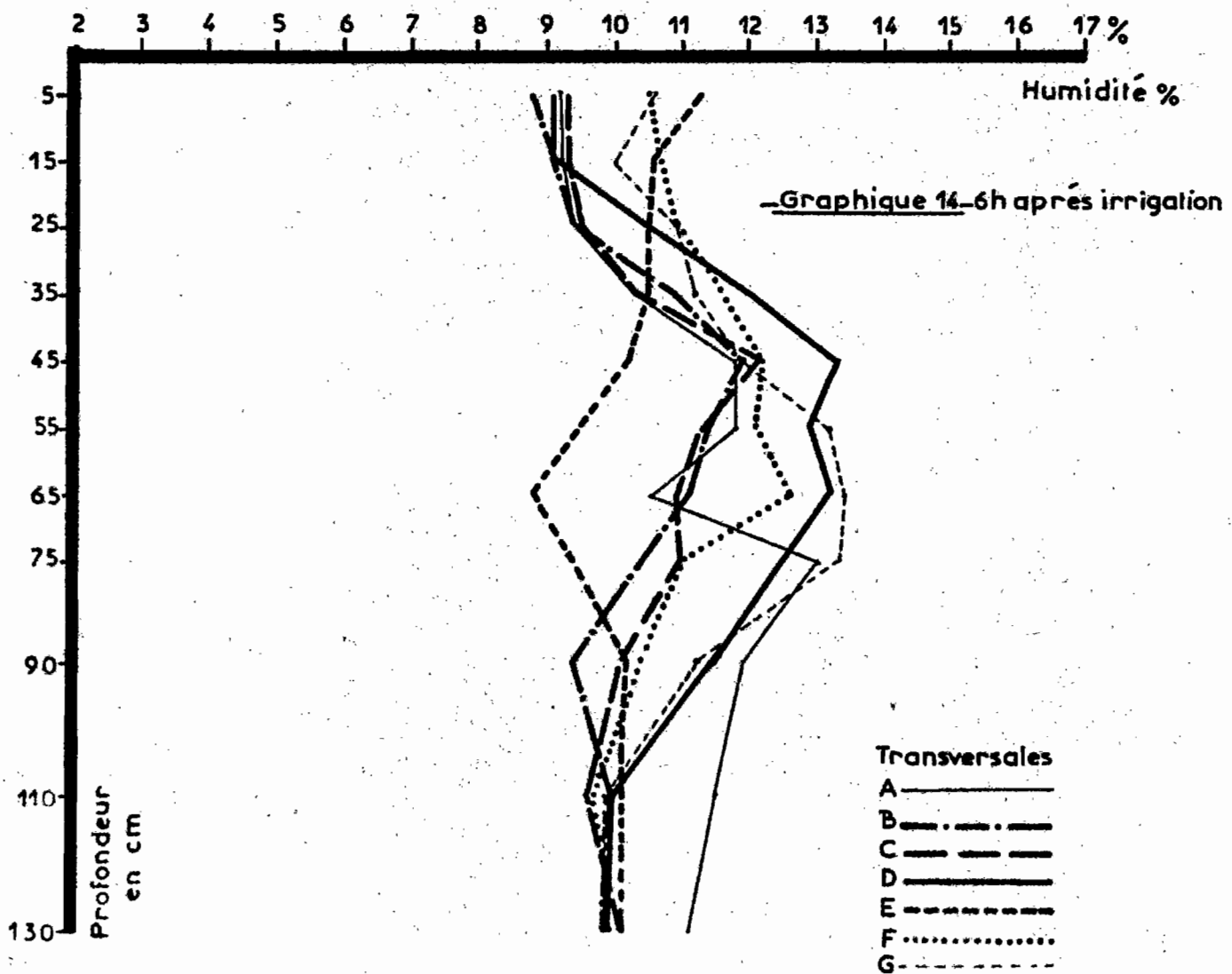
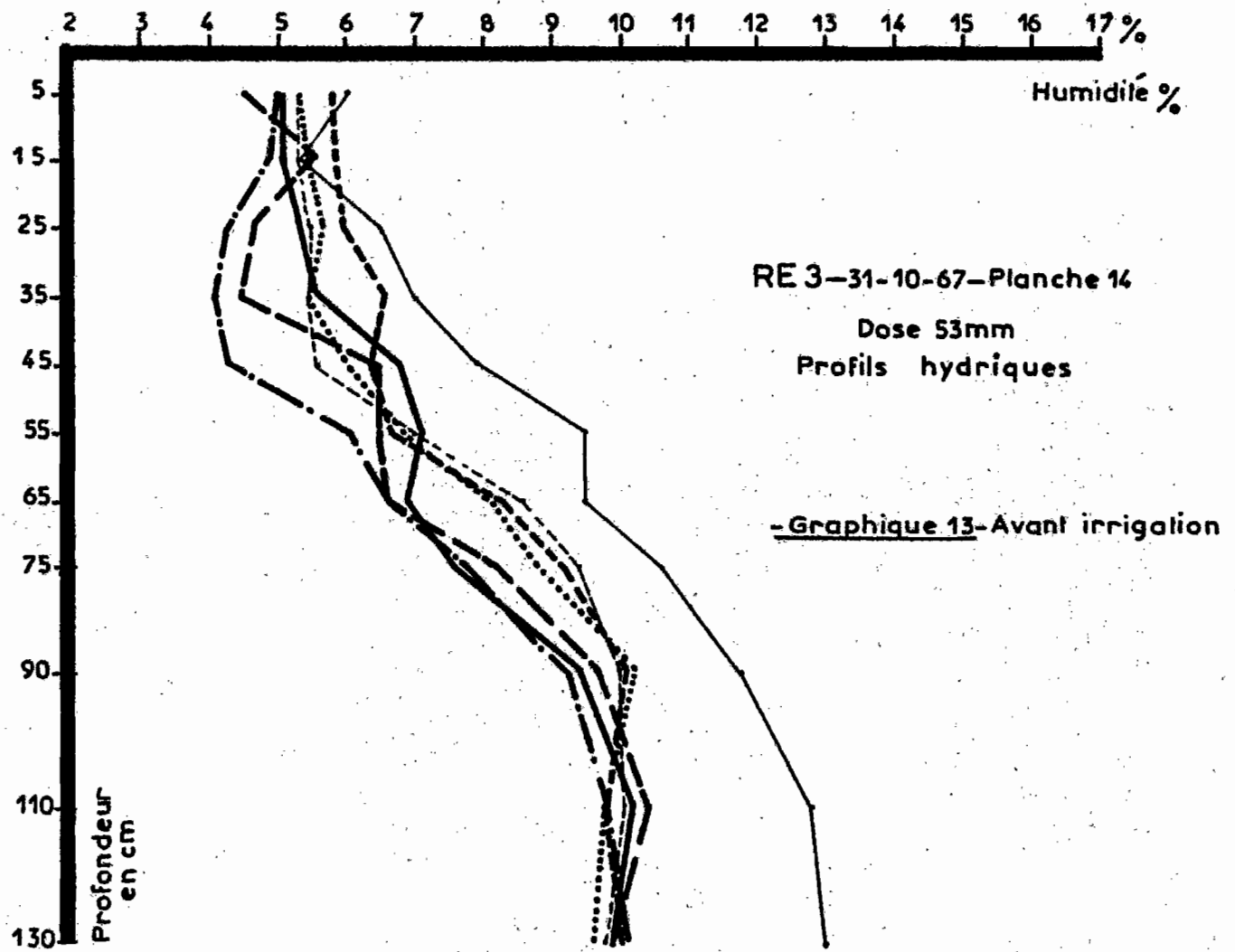


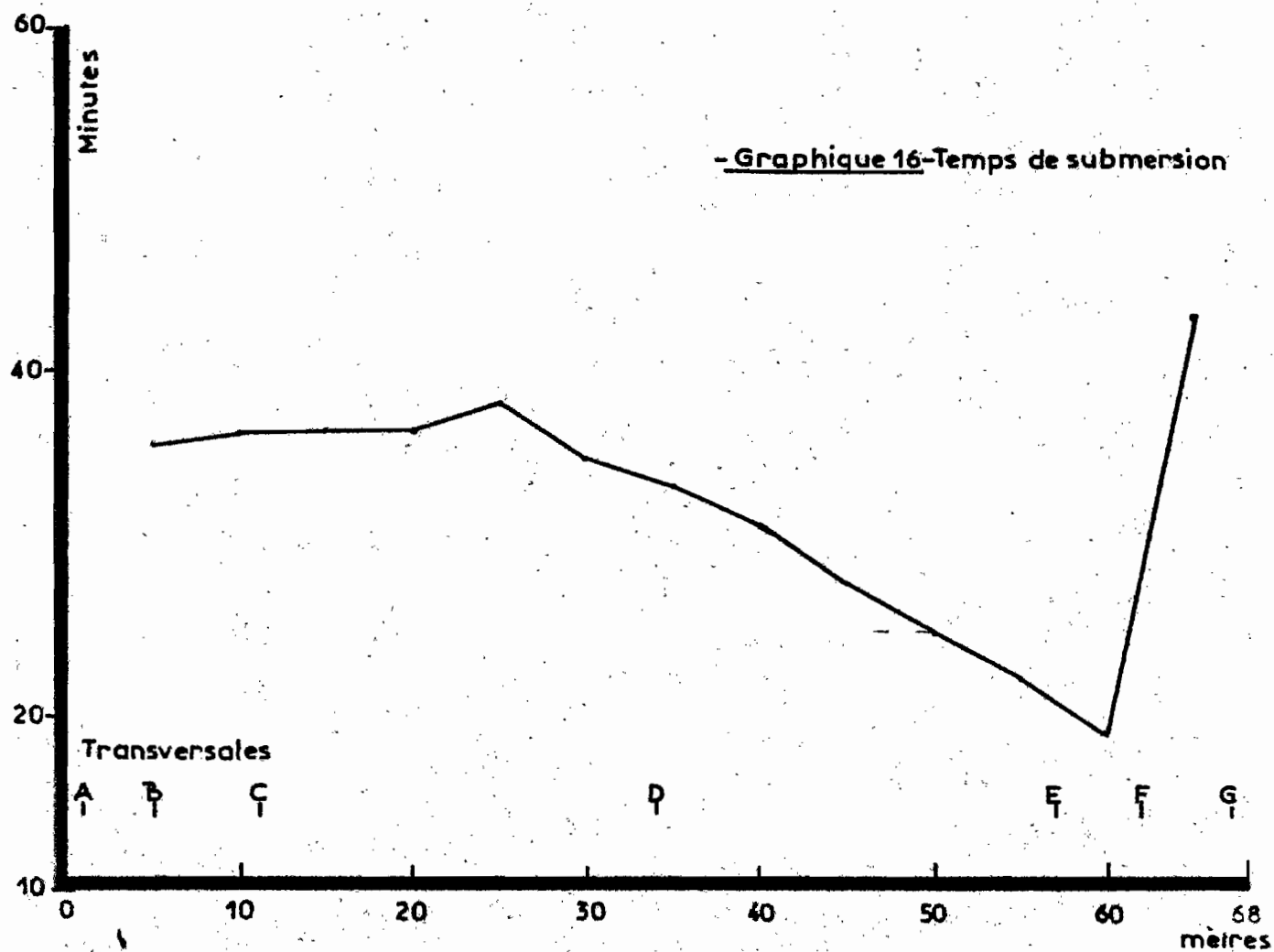
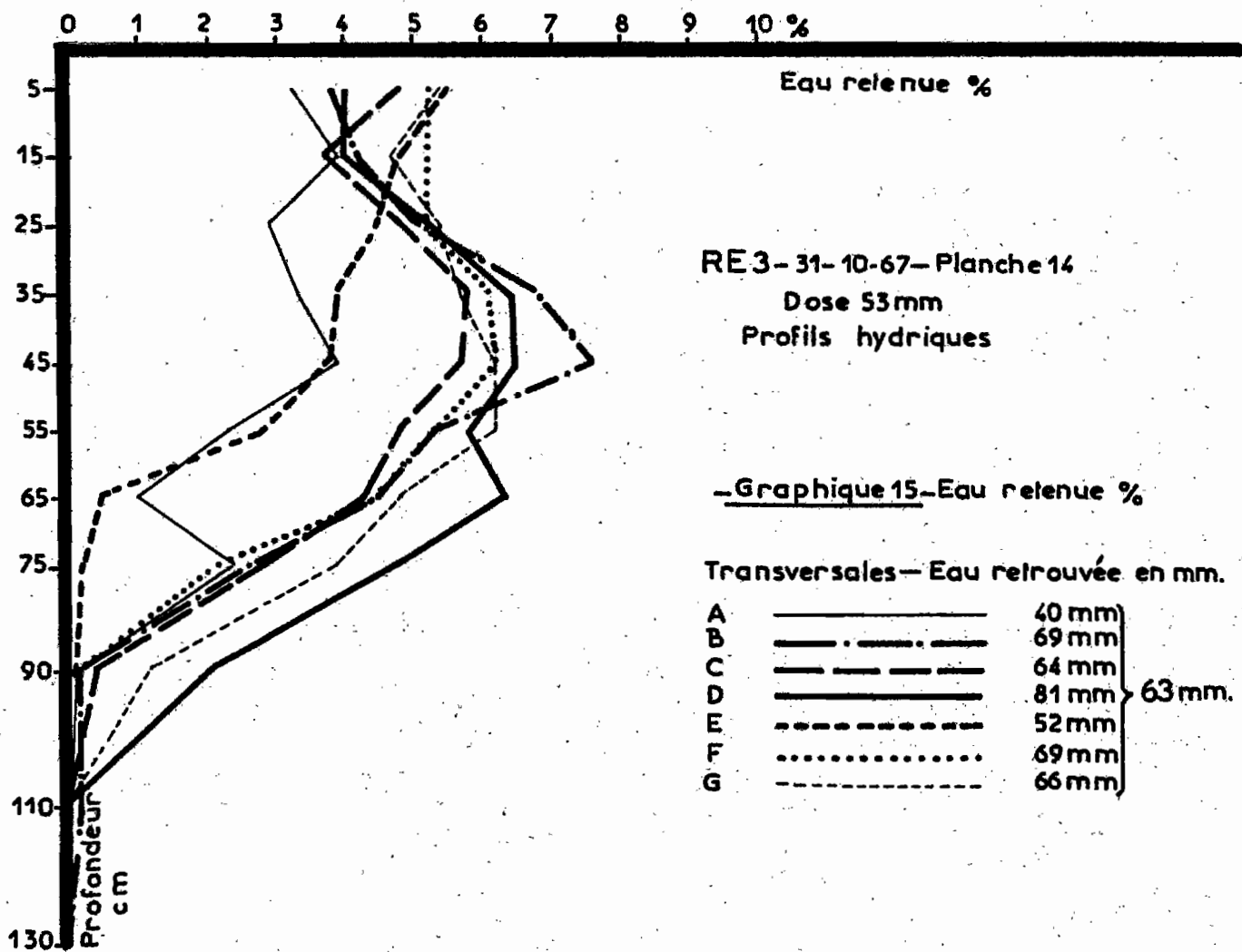


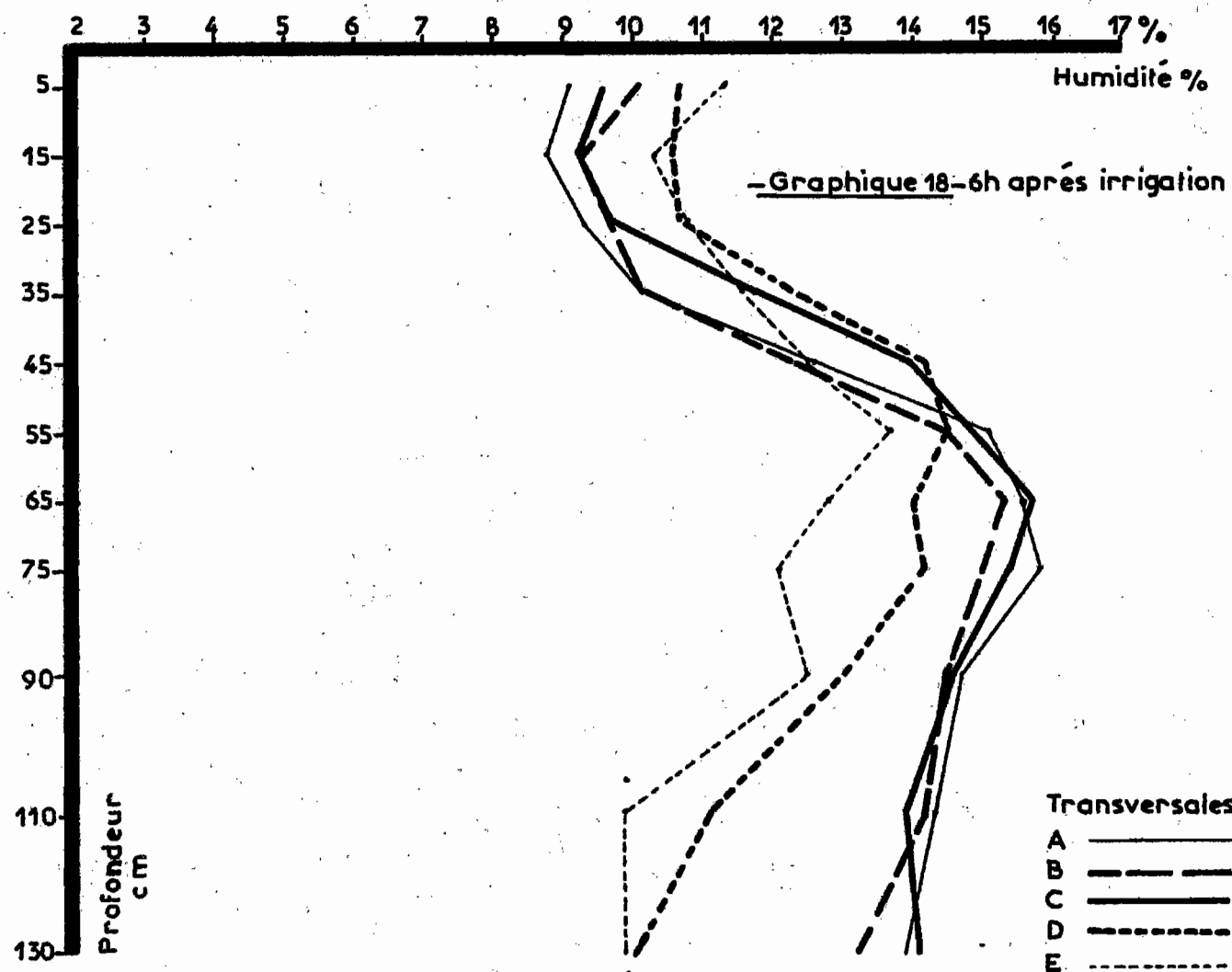
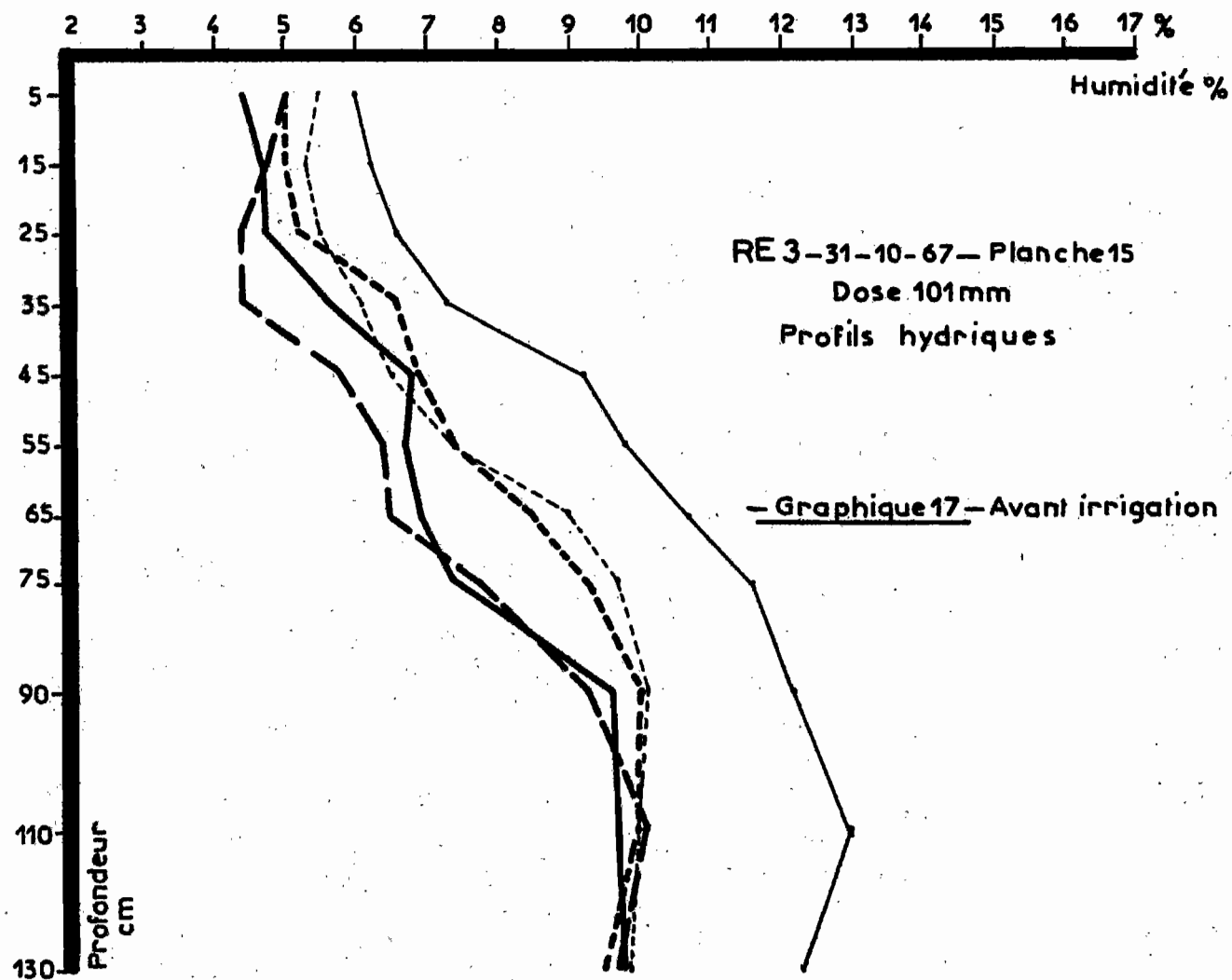


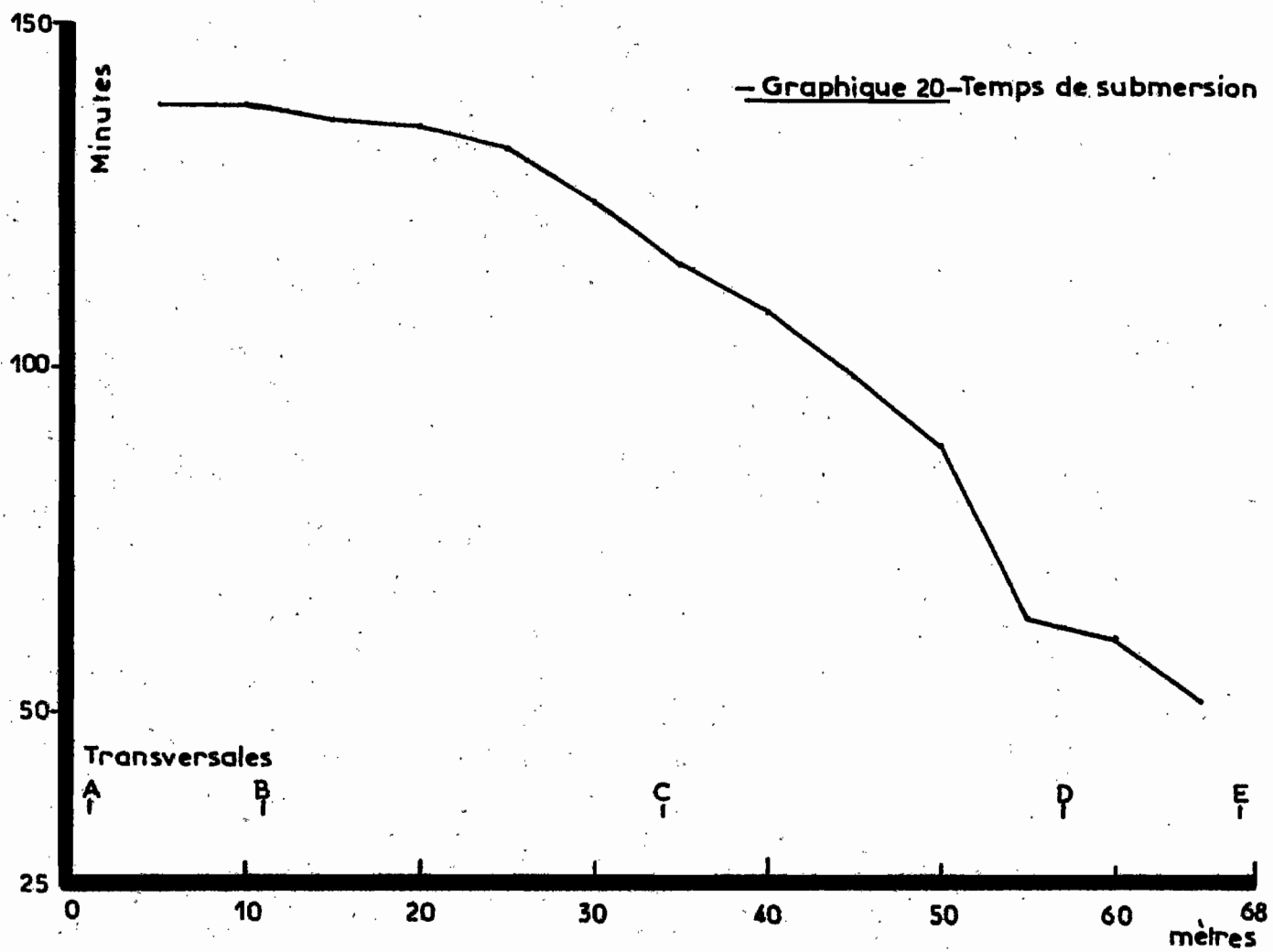
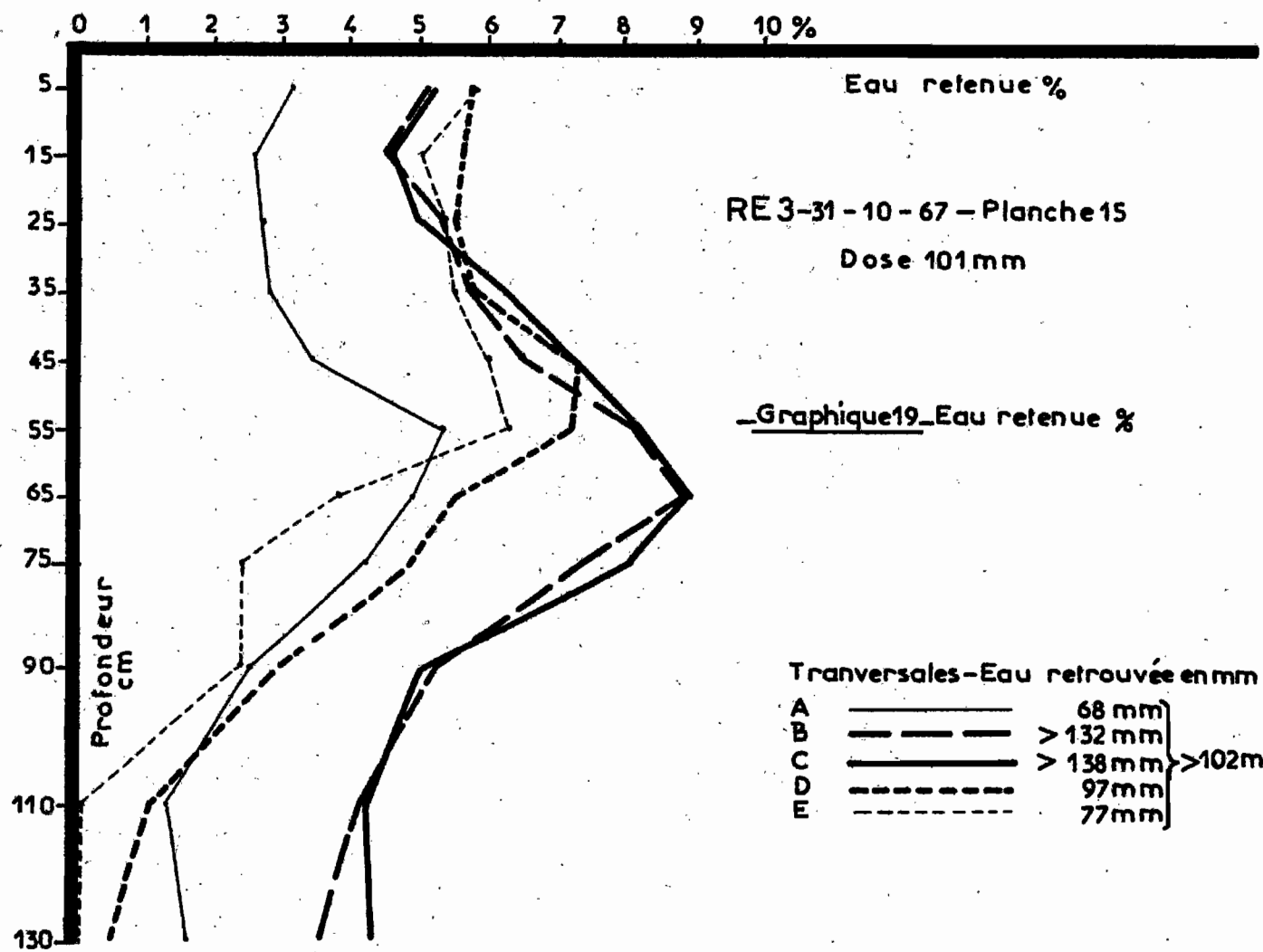


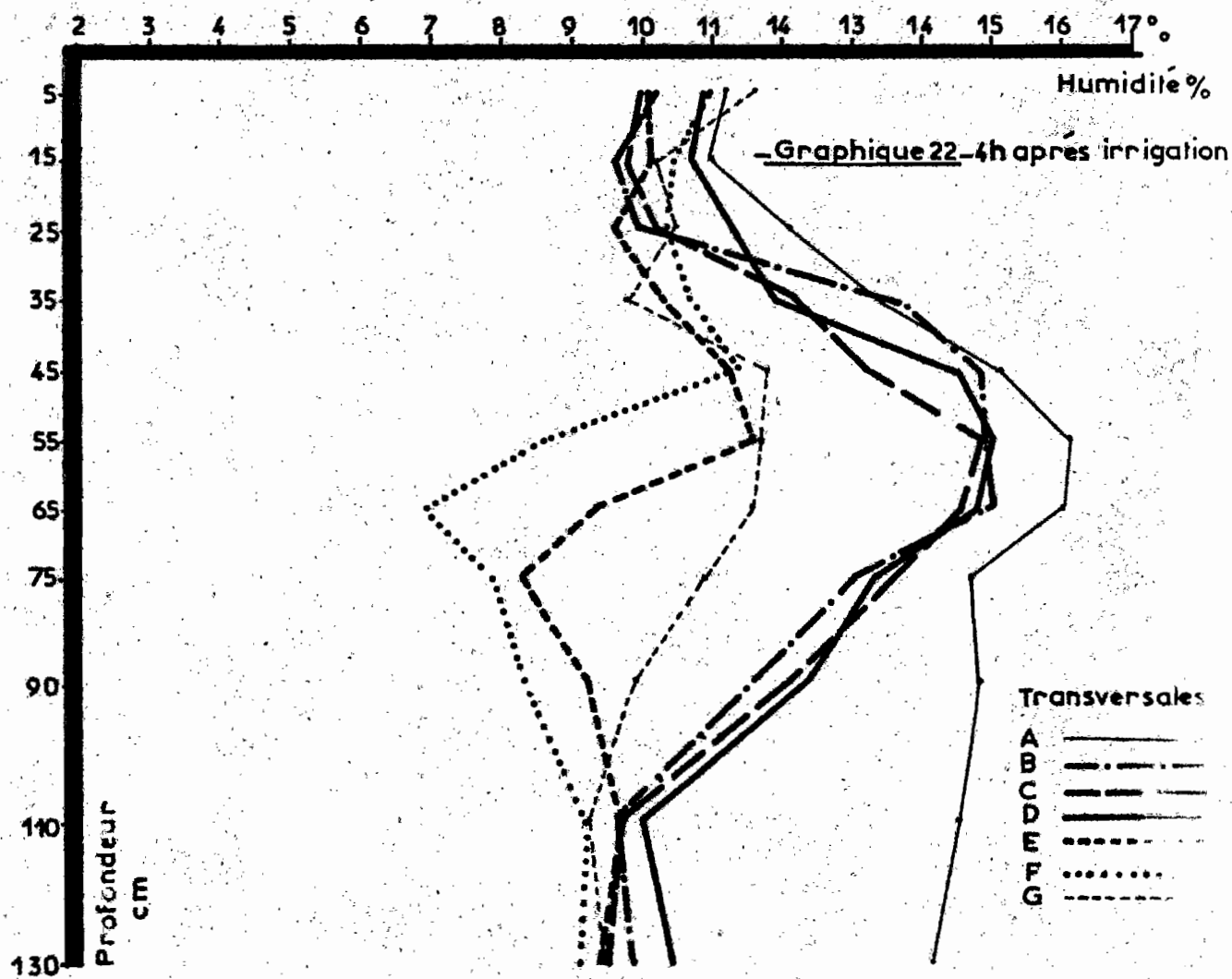
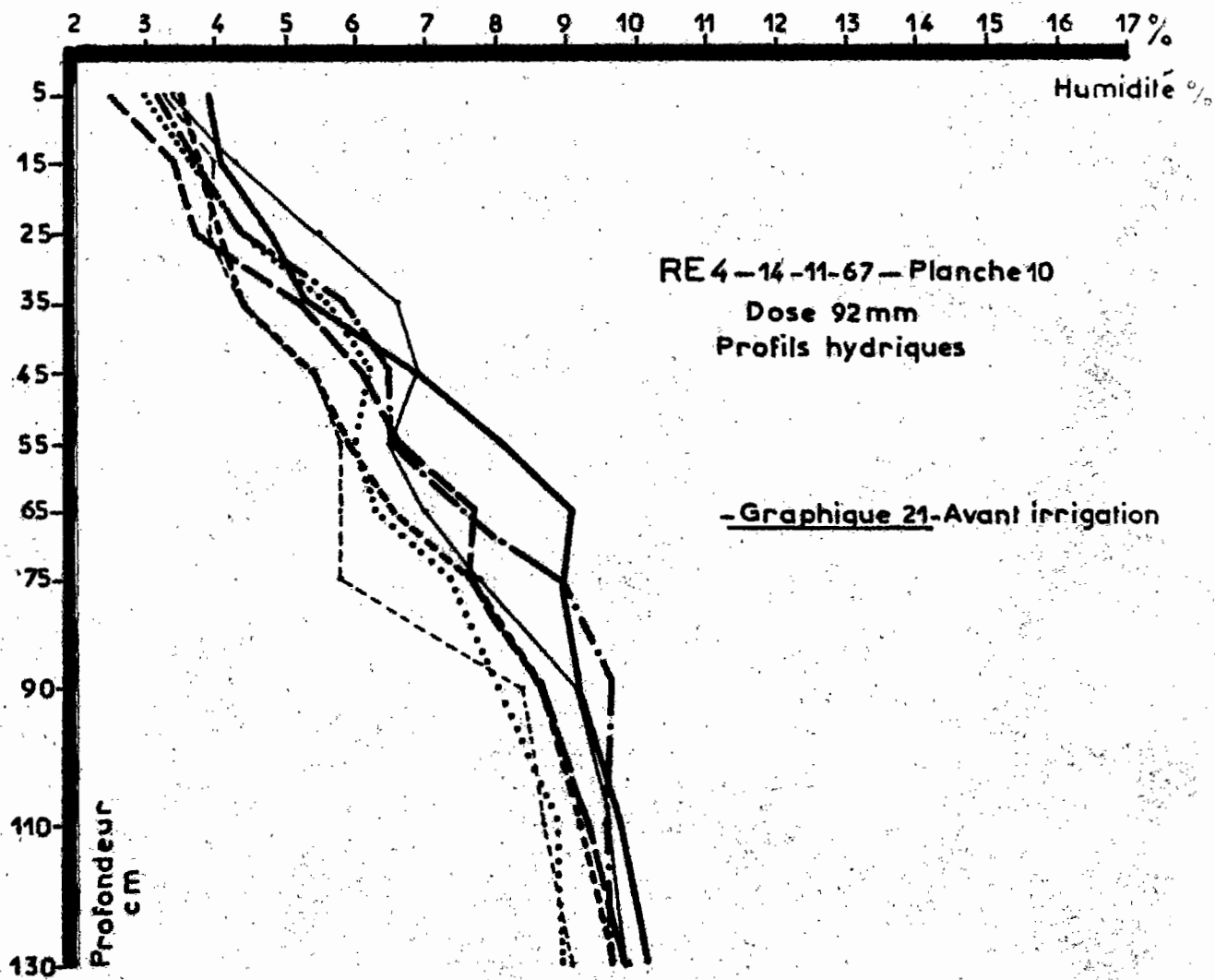


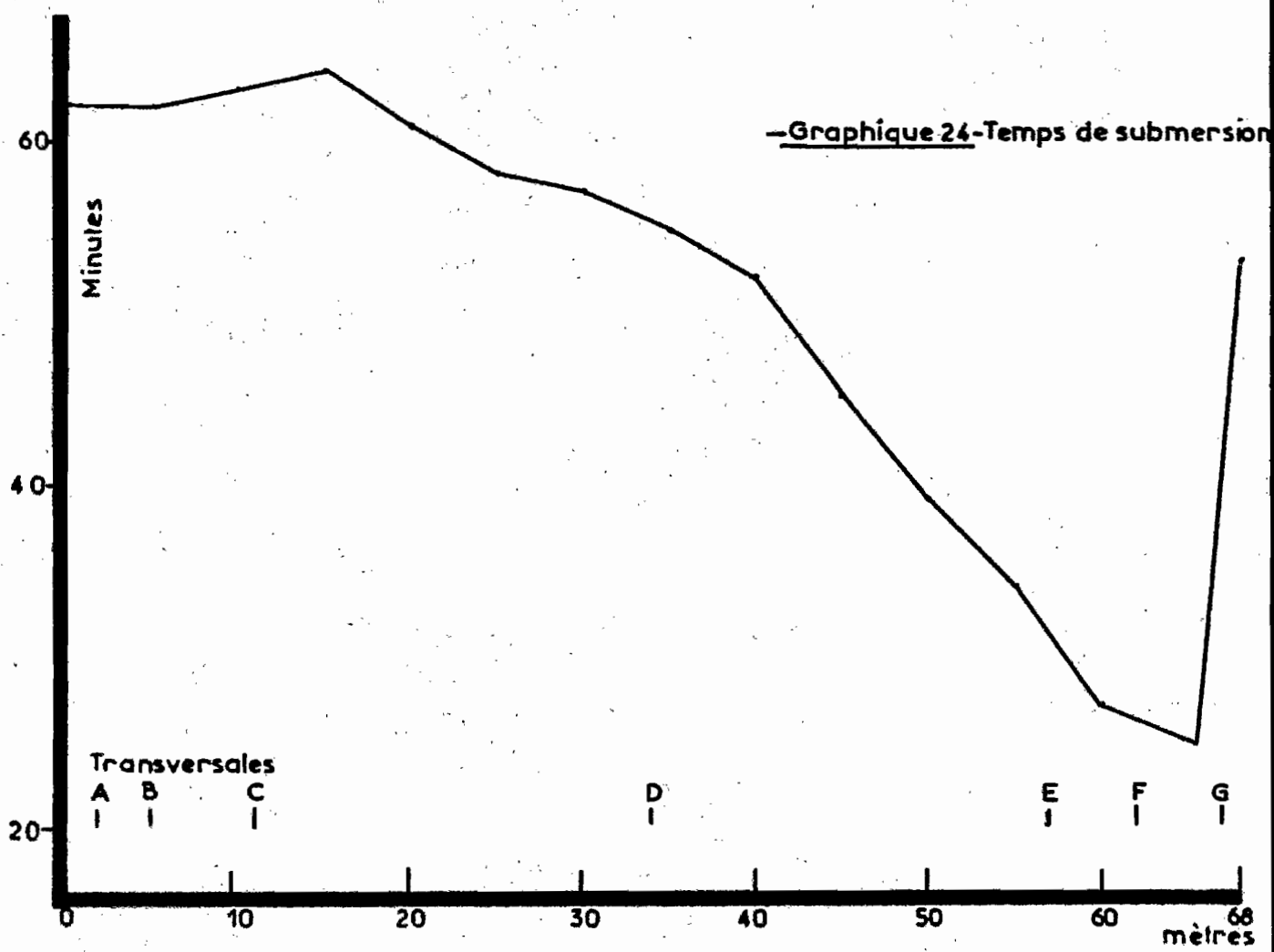
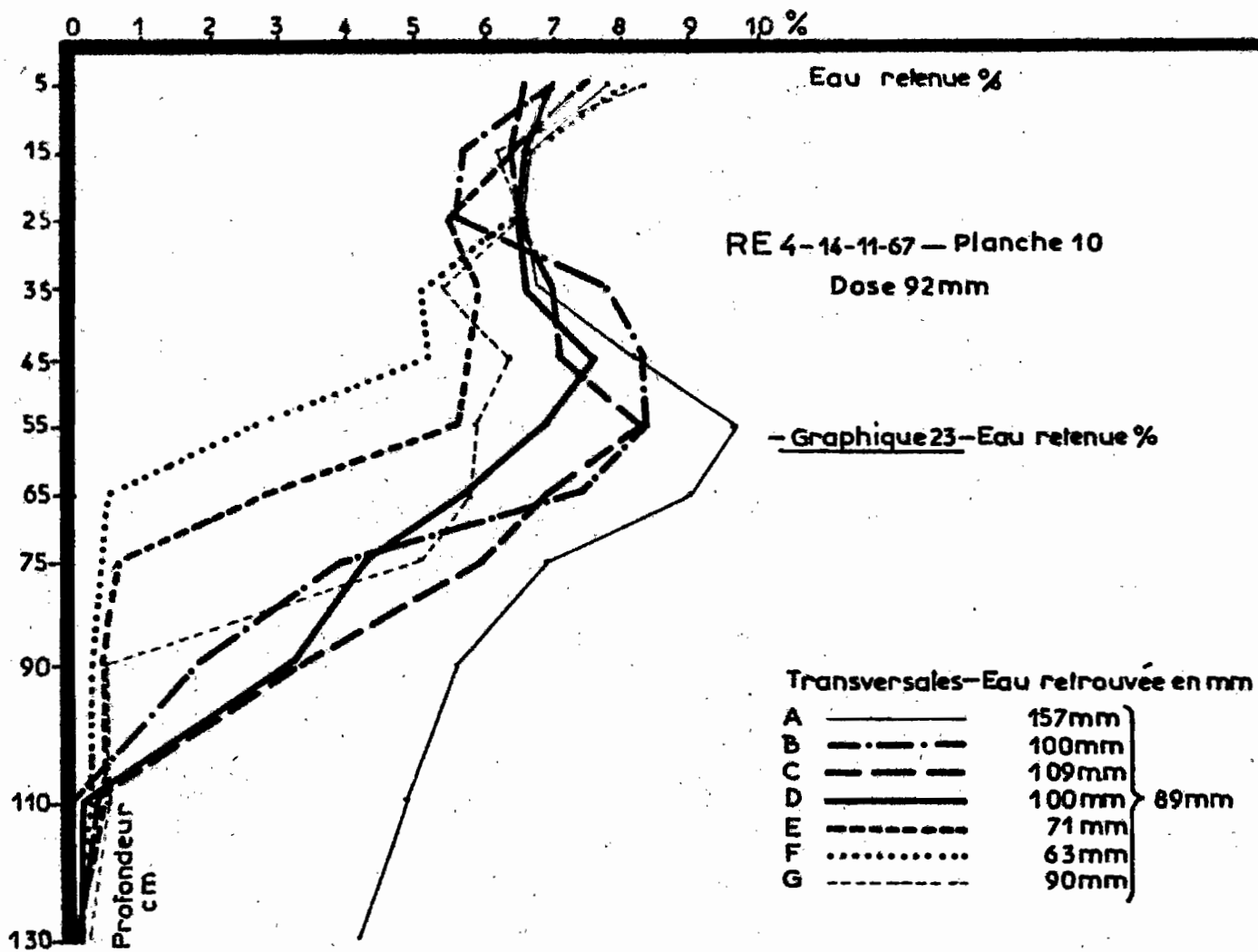


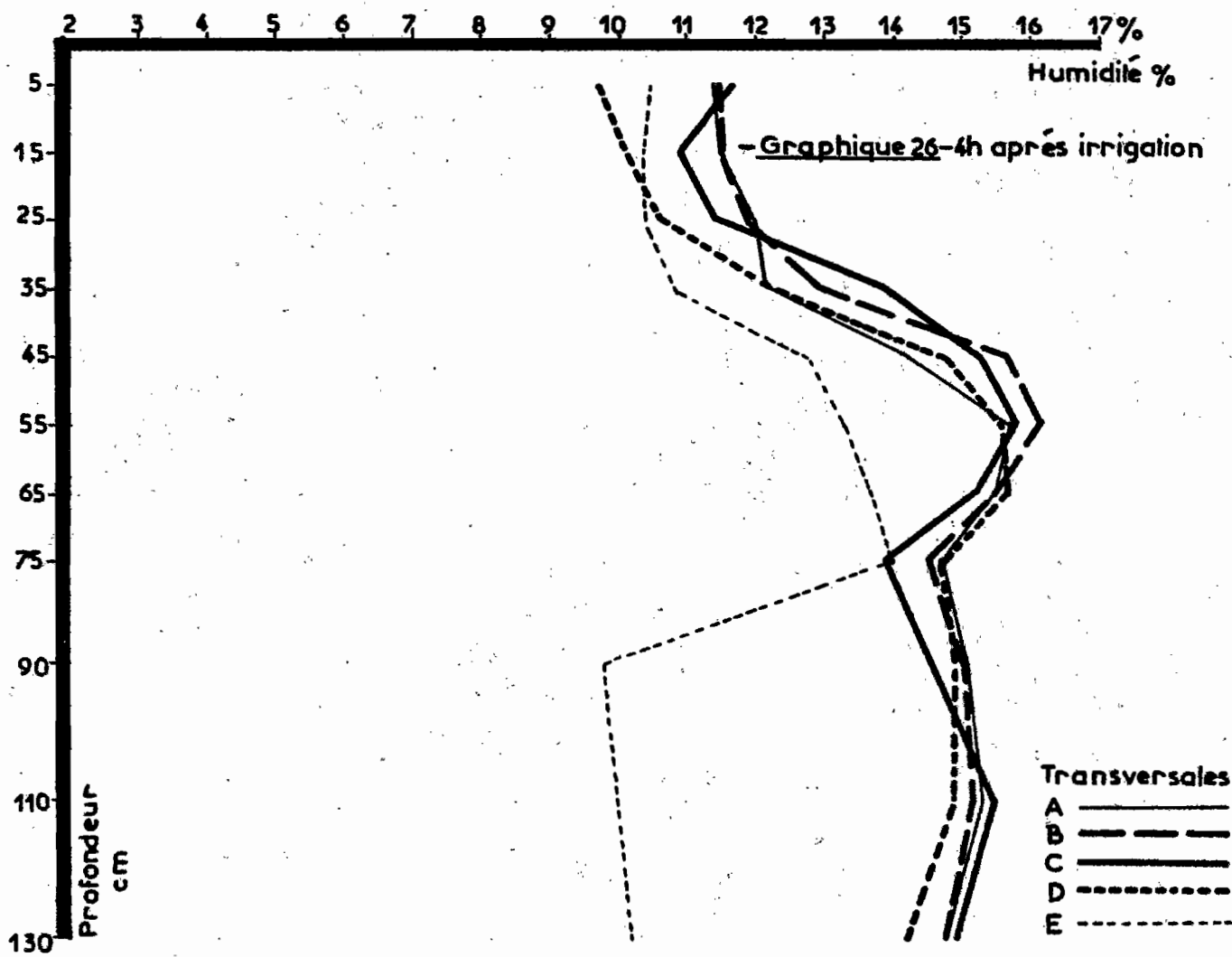
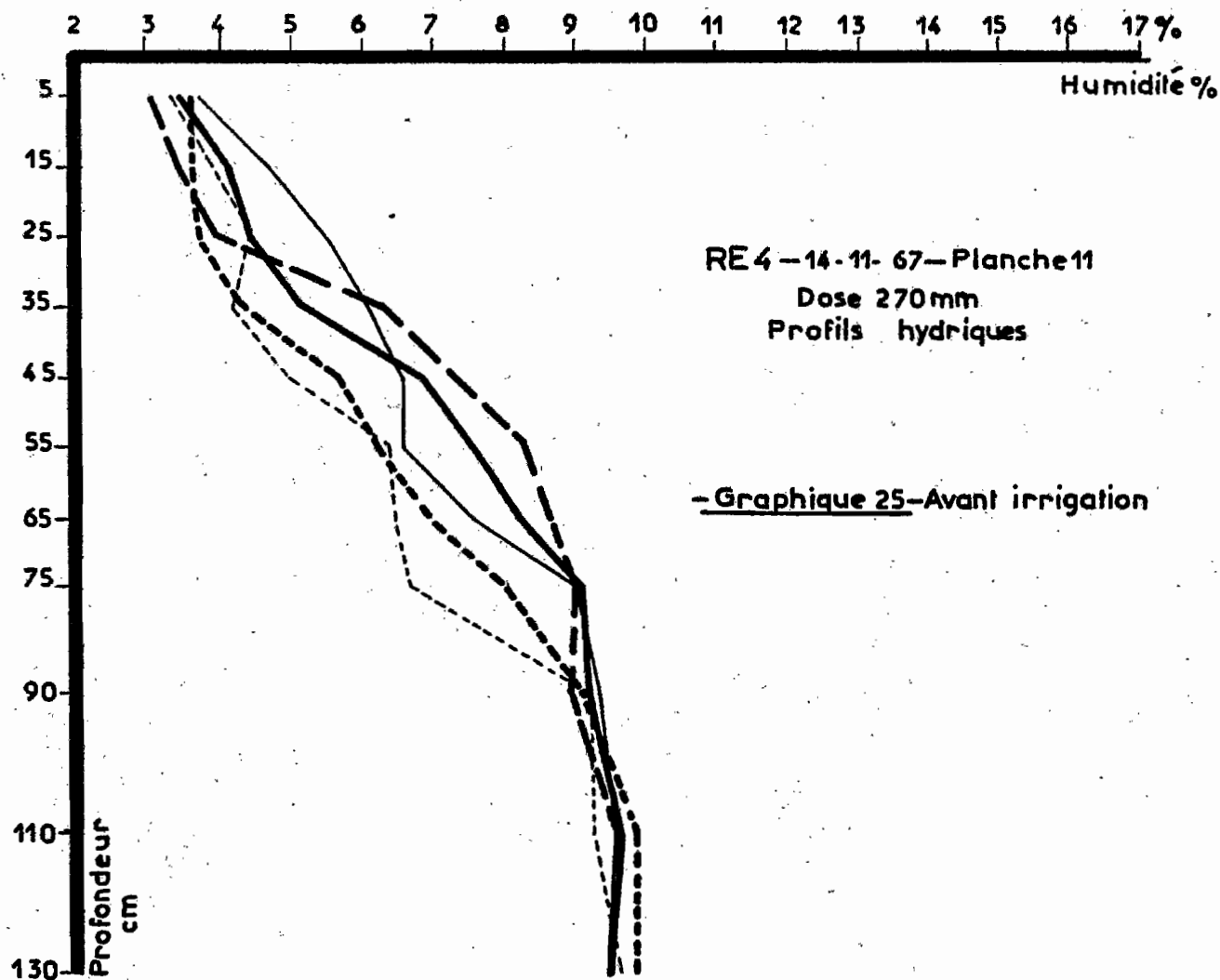


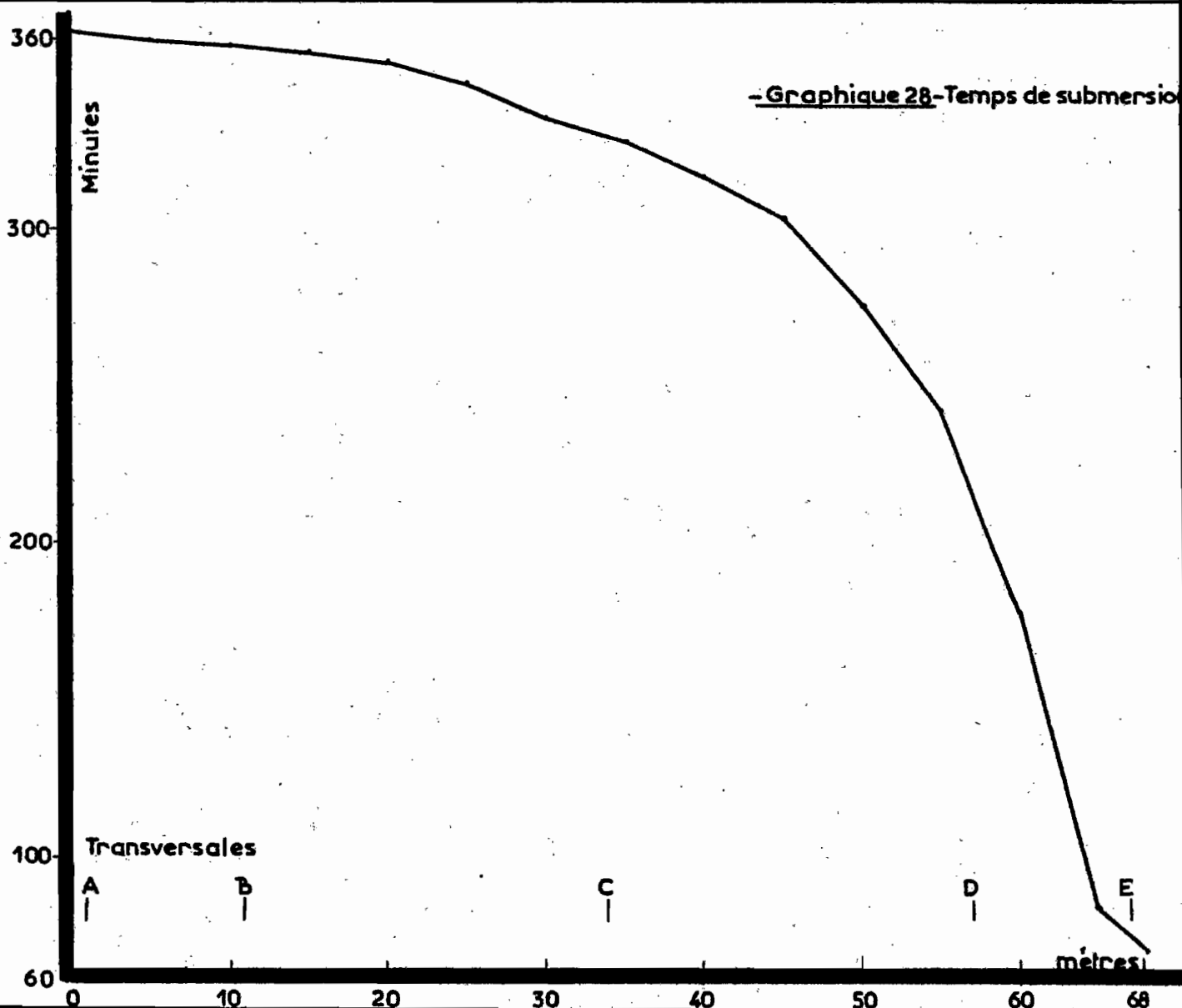
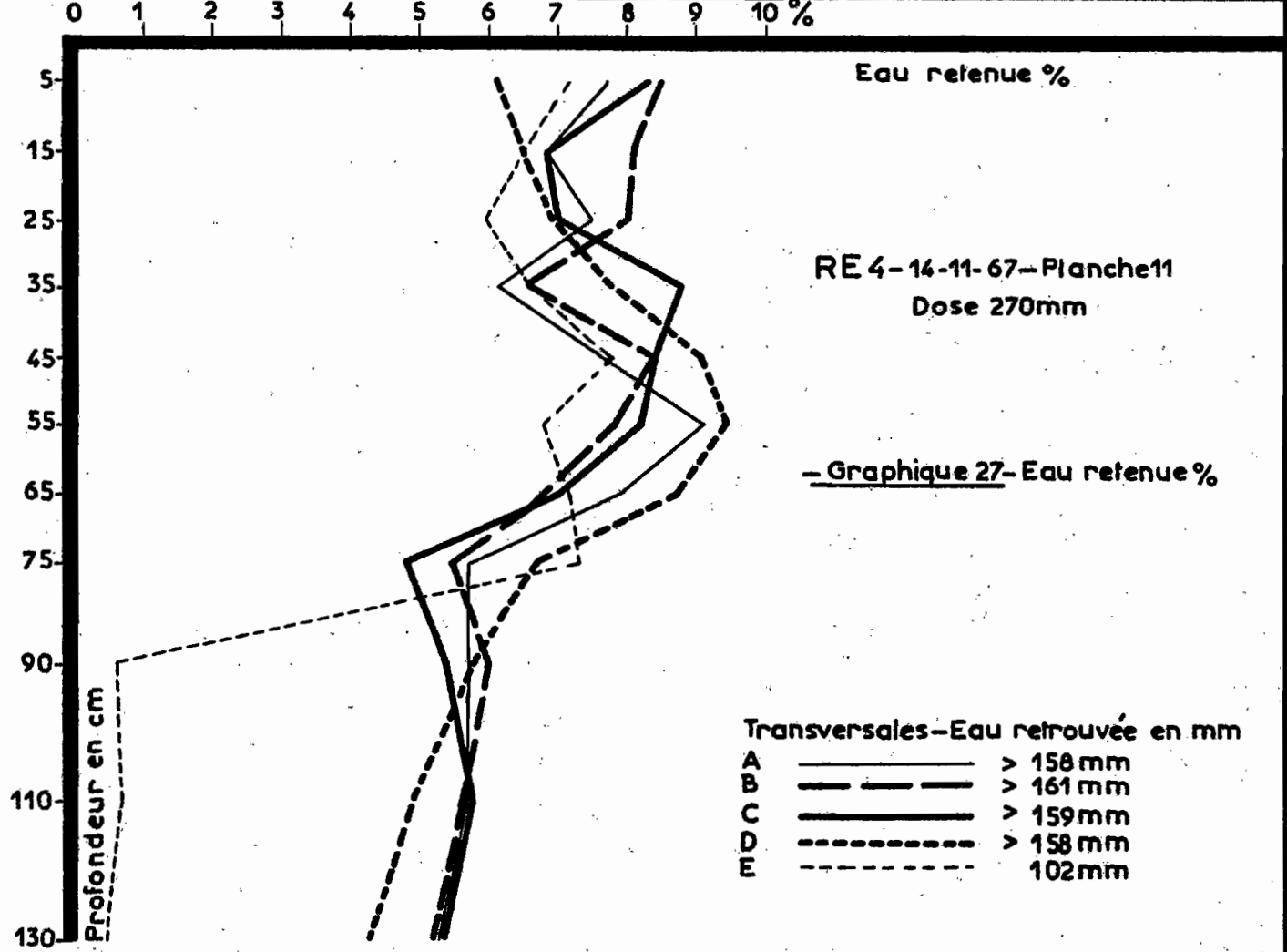


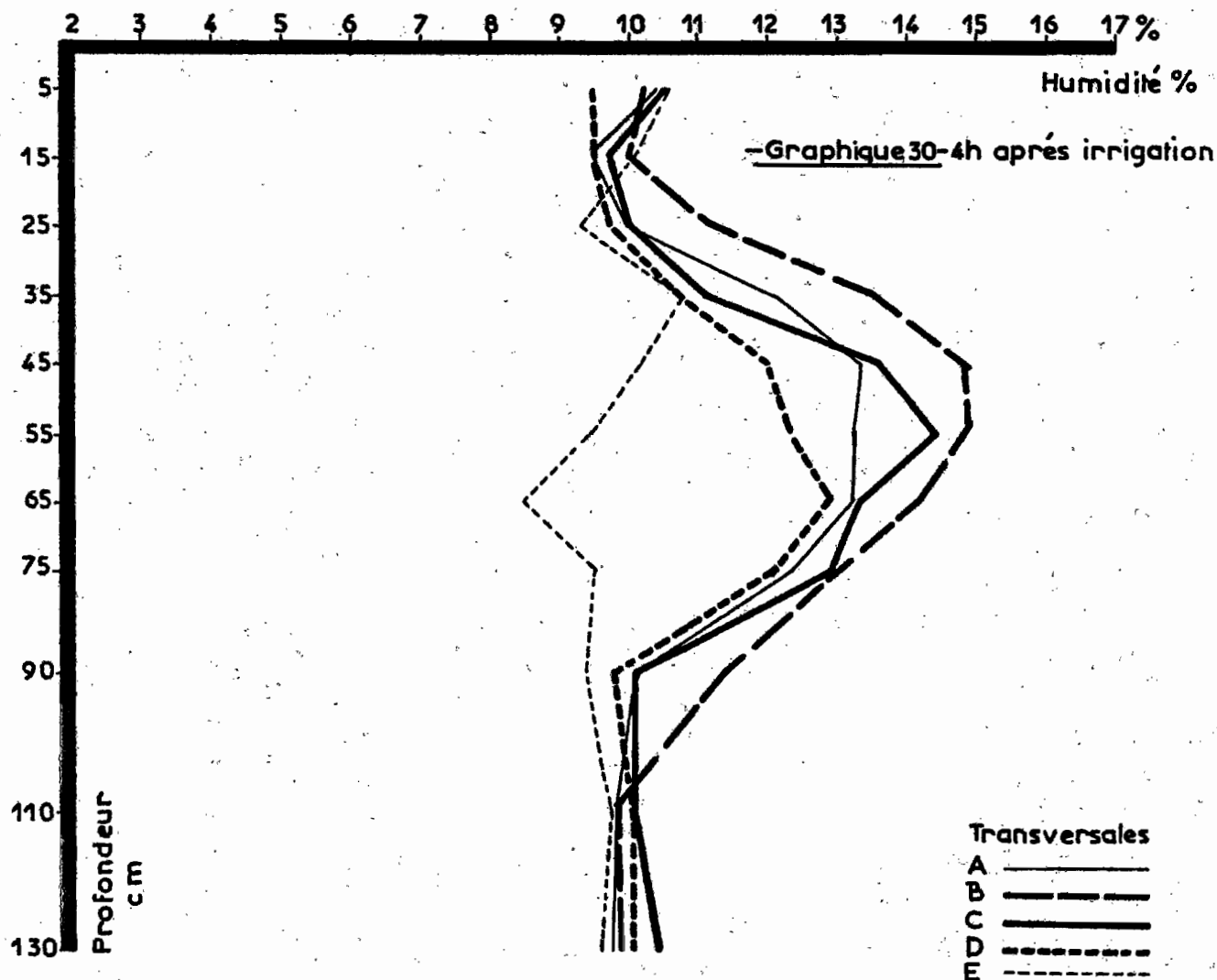
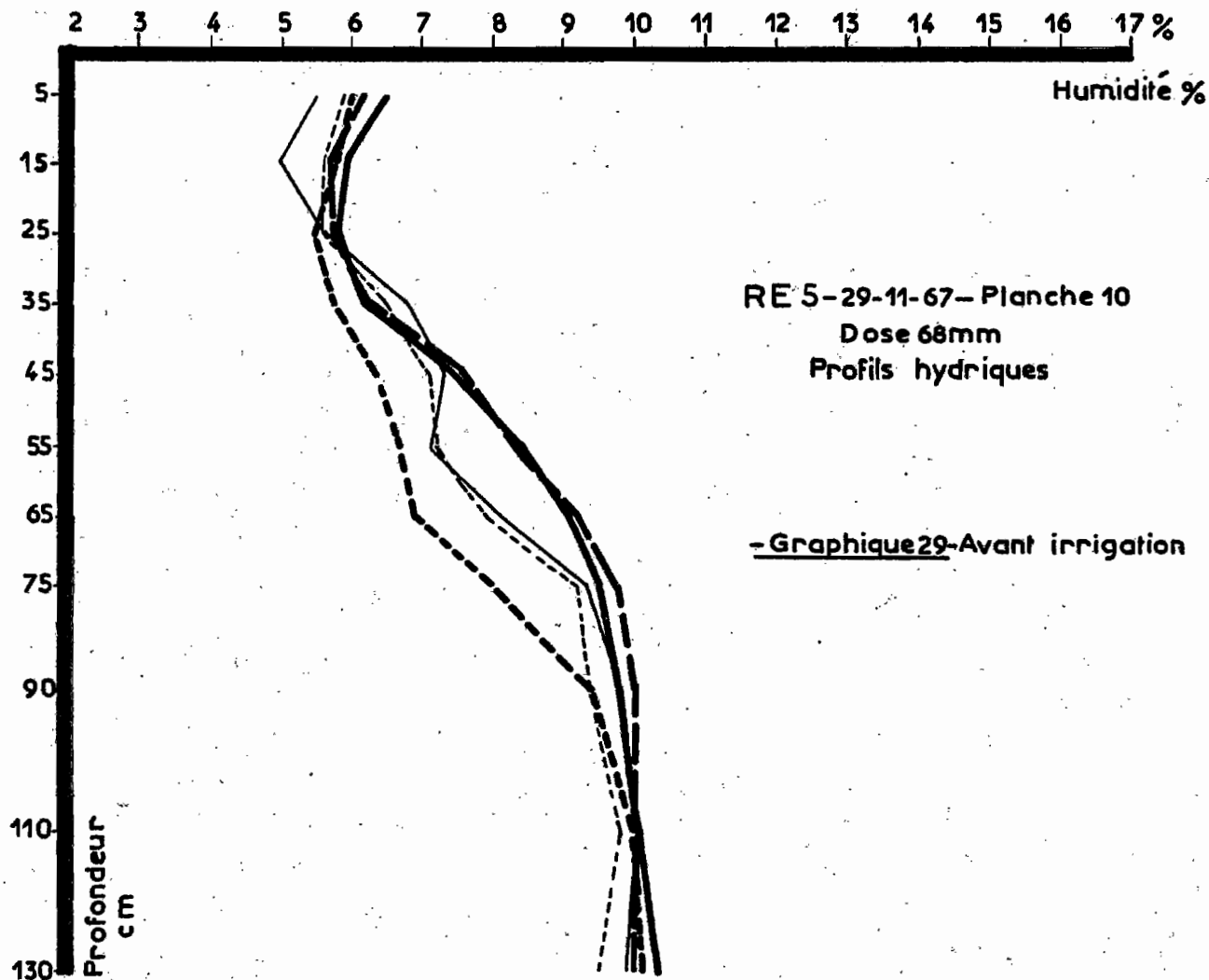








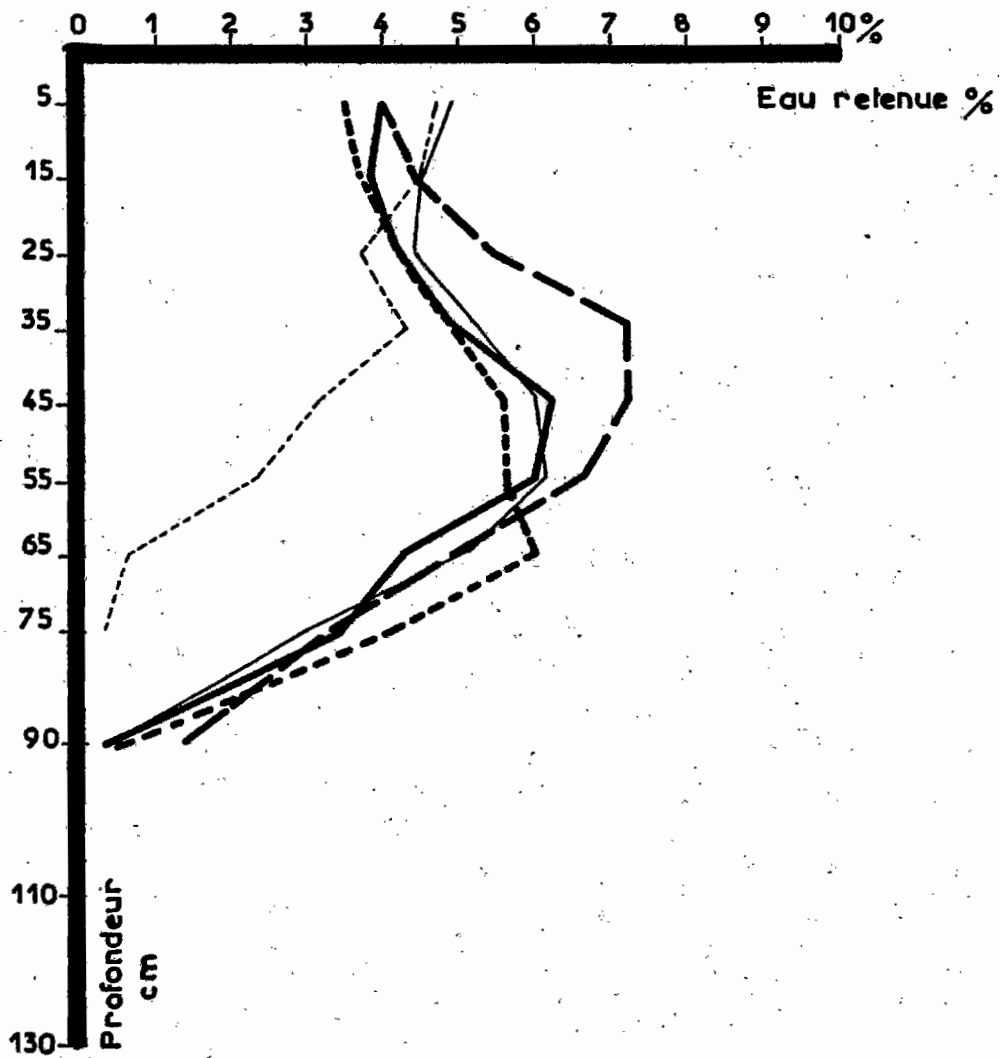




RE5-29-11-67- Planche 10

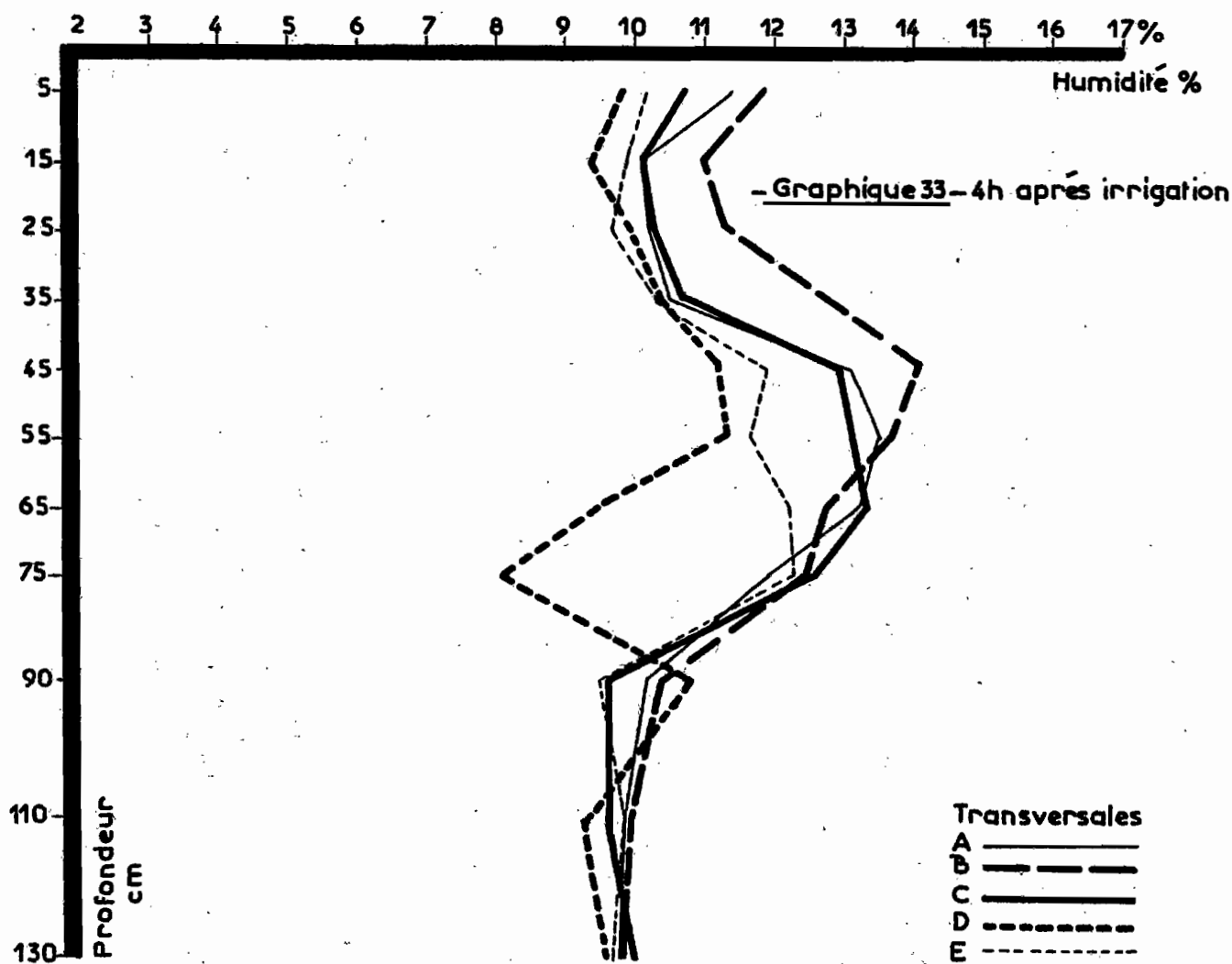
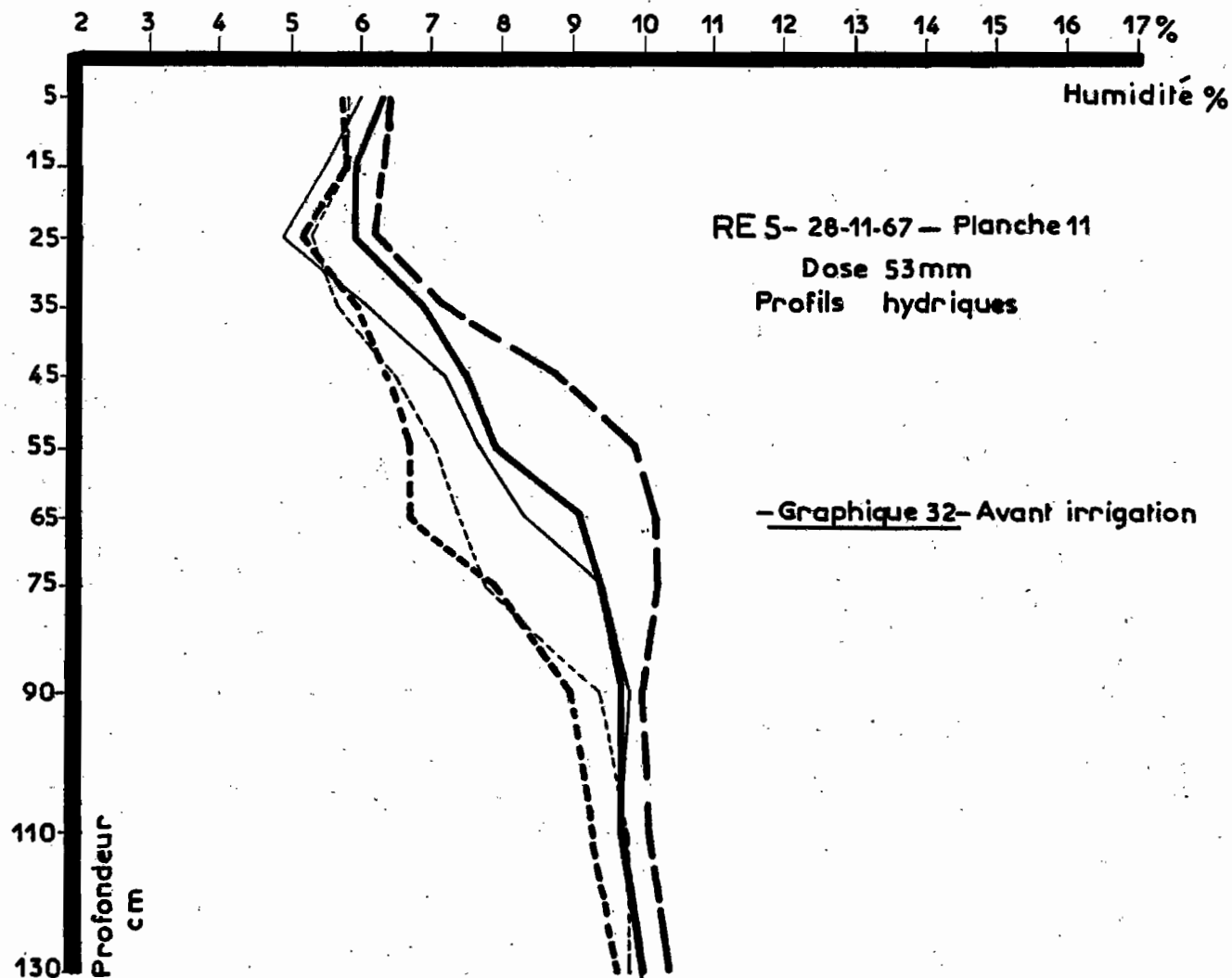
Dose 68mm

—Graphique31— Eau retenue %



Transversales — Eau retrouvée en mm

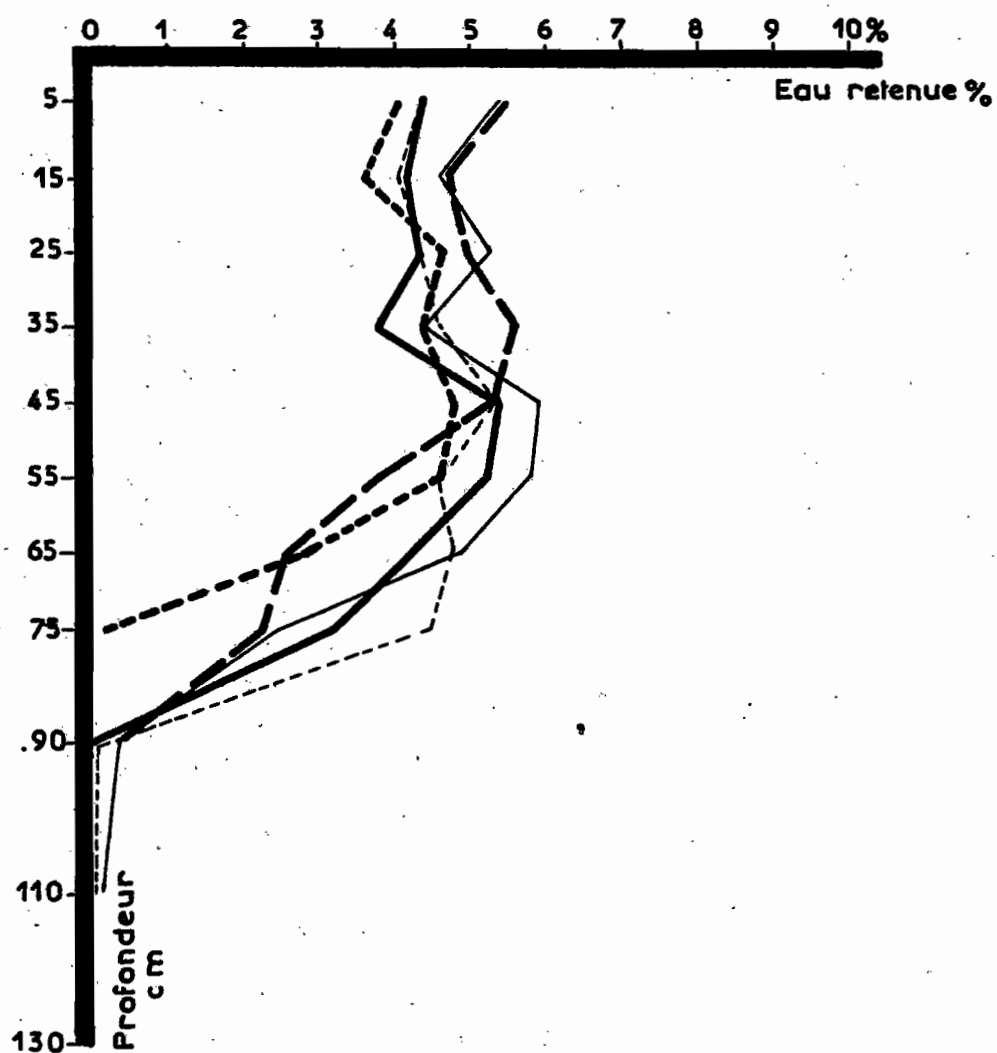
A	———	68 mm	} 64 mm
B	- - - - -	79 mm	
C	—————	64 mm	
D	- - - - -	66 mm	
E	- - - - -	41 mm	



RE 5— 29-11-67— Planche 11

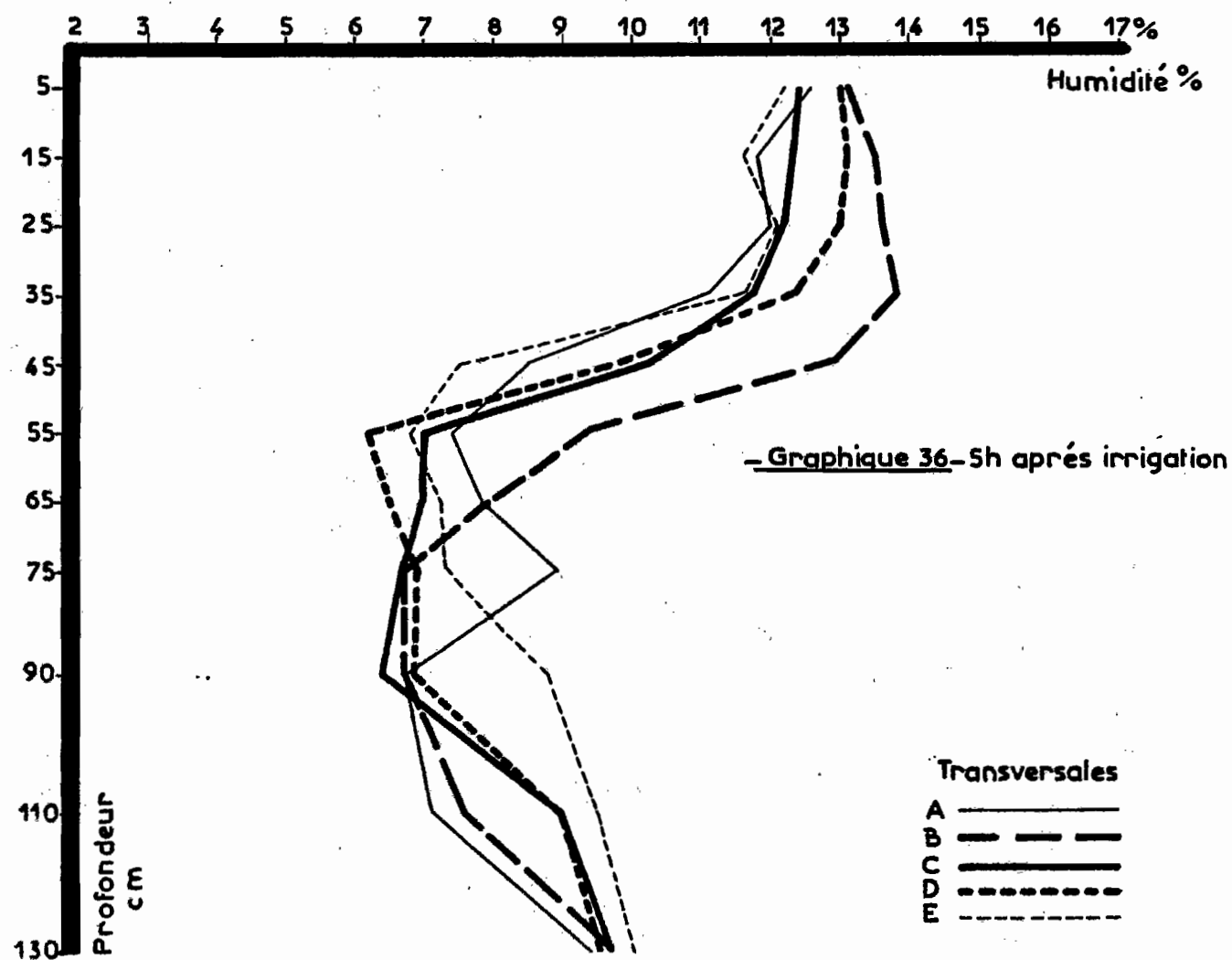
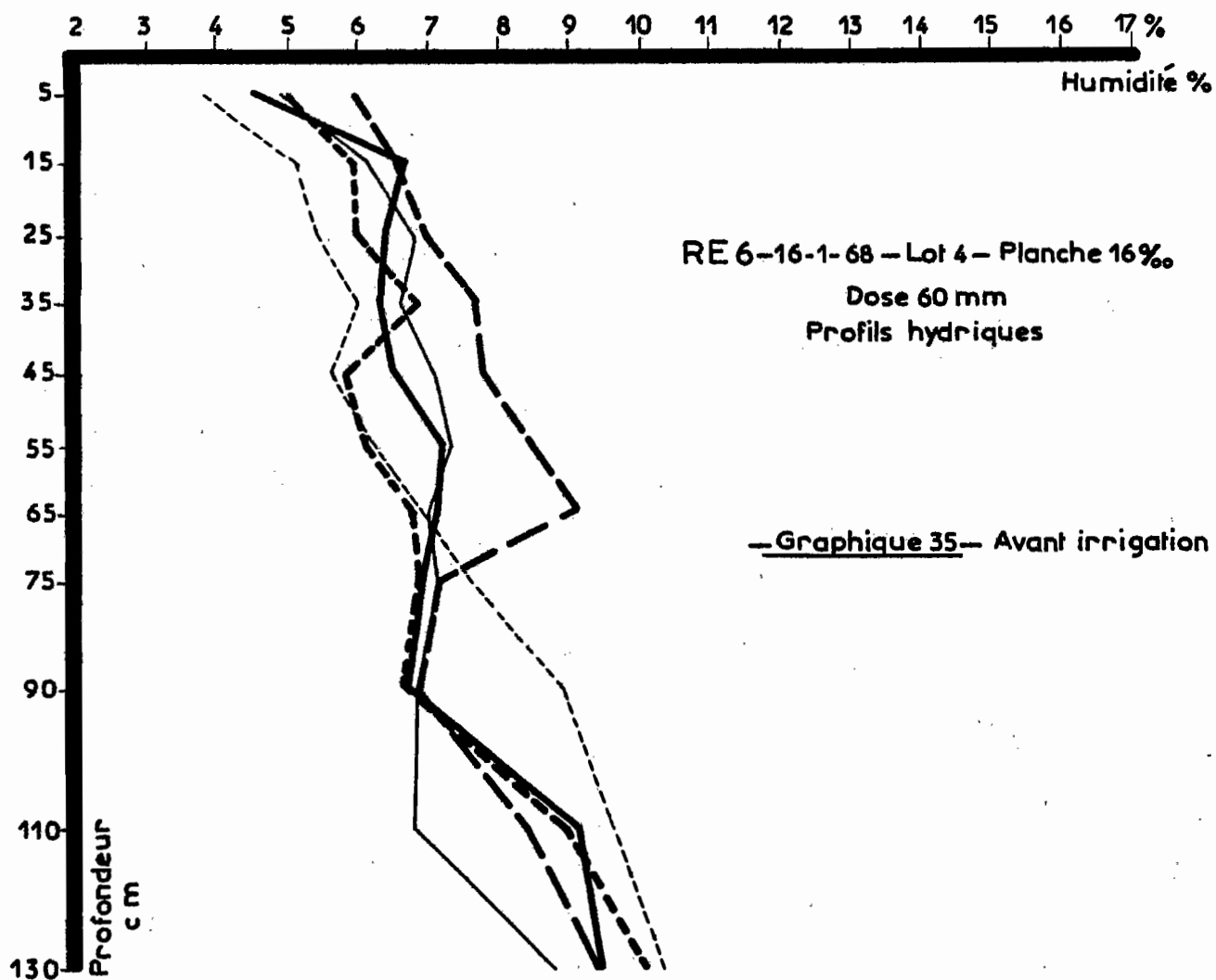
Dose 53 mm

- Graphique 34-Eau retenue %



Transversales — Eau retrouvée en mm

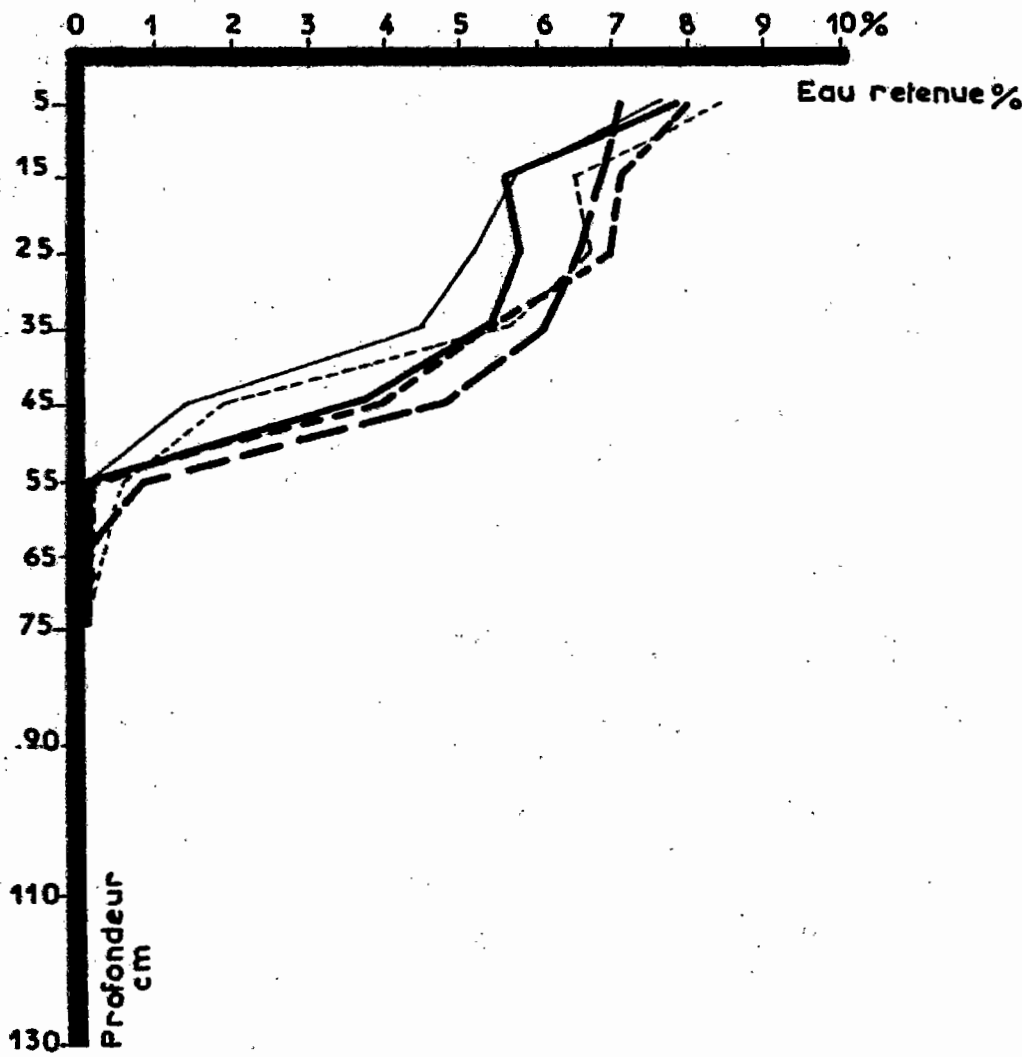
A	———	69 mm	} 62mm
B	———	61 mm	
C	———	60 mm	
D	———	56 mm	
E	———	64 mm	



RE6-16-1-68-Lot4-Planche 16 %.

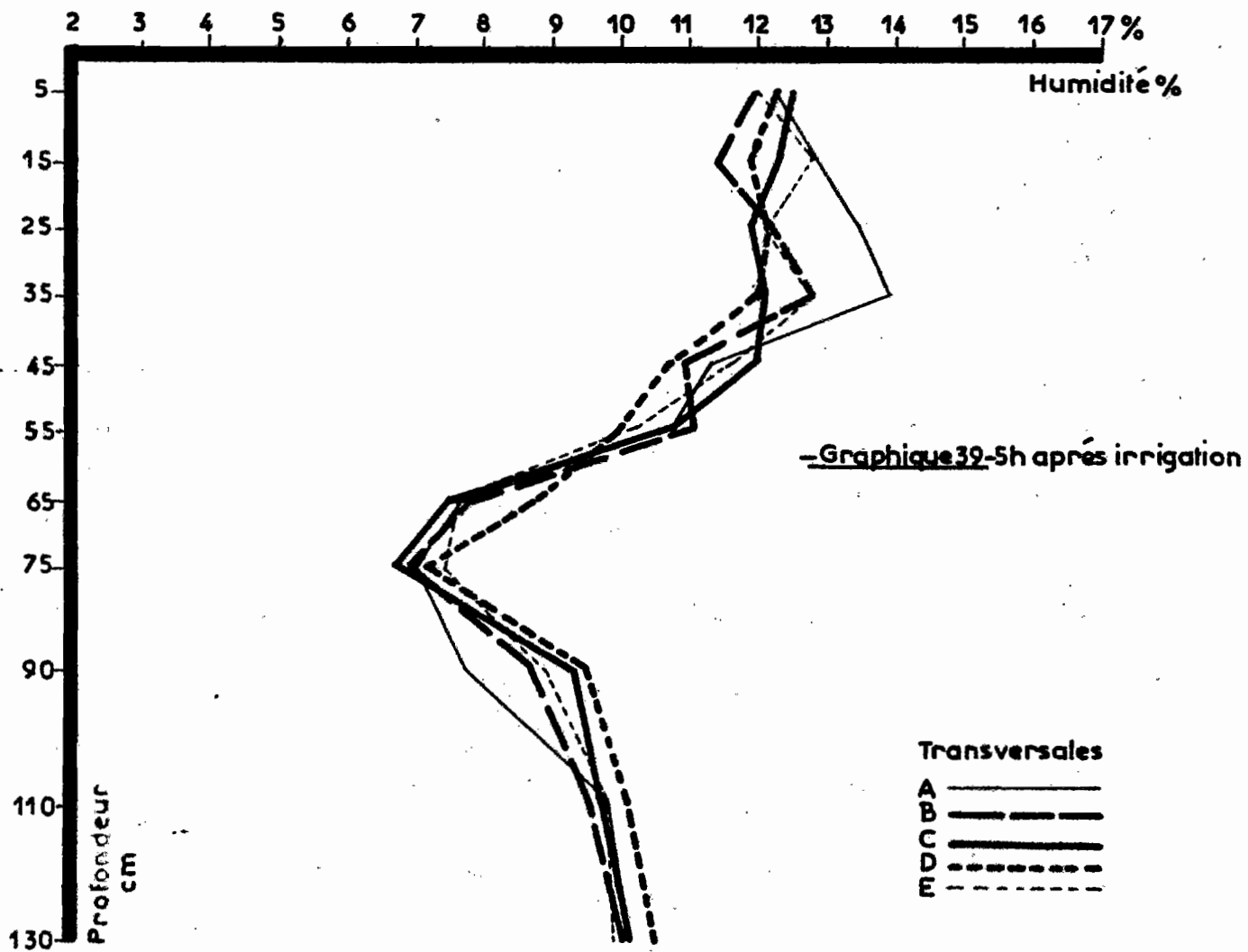
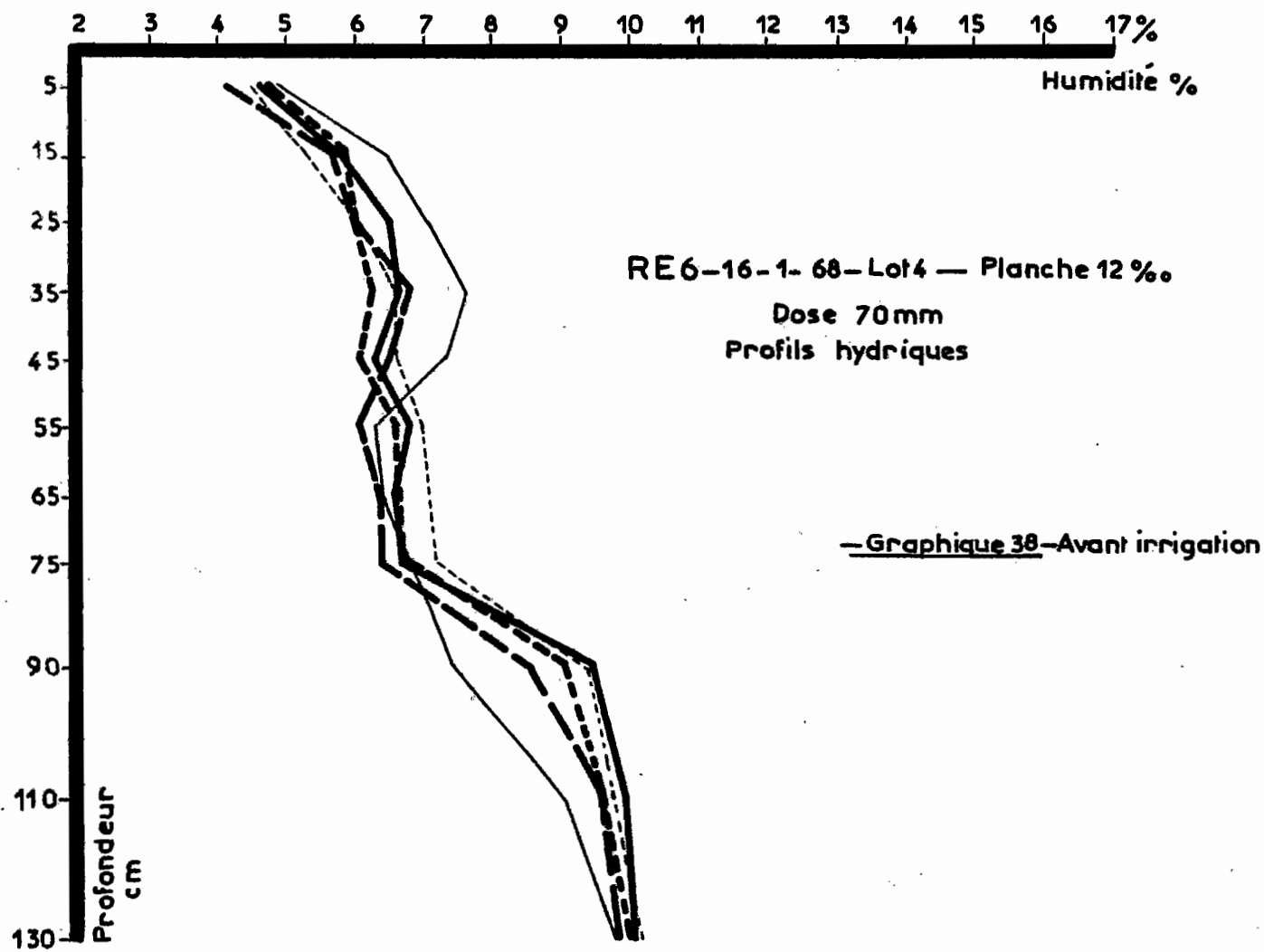
Dose 60 mm

- Graphique 37 - Eau retenue %



Transversales — Eau retrouvée en mm

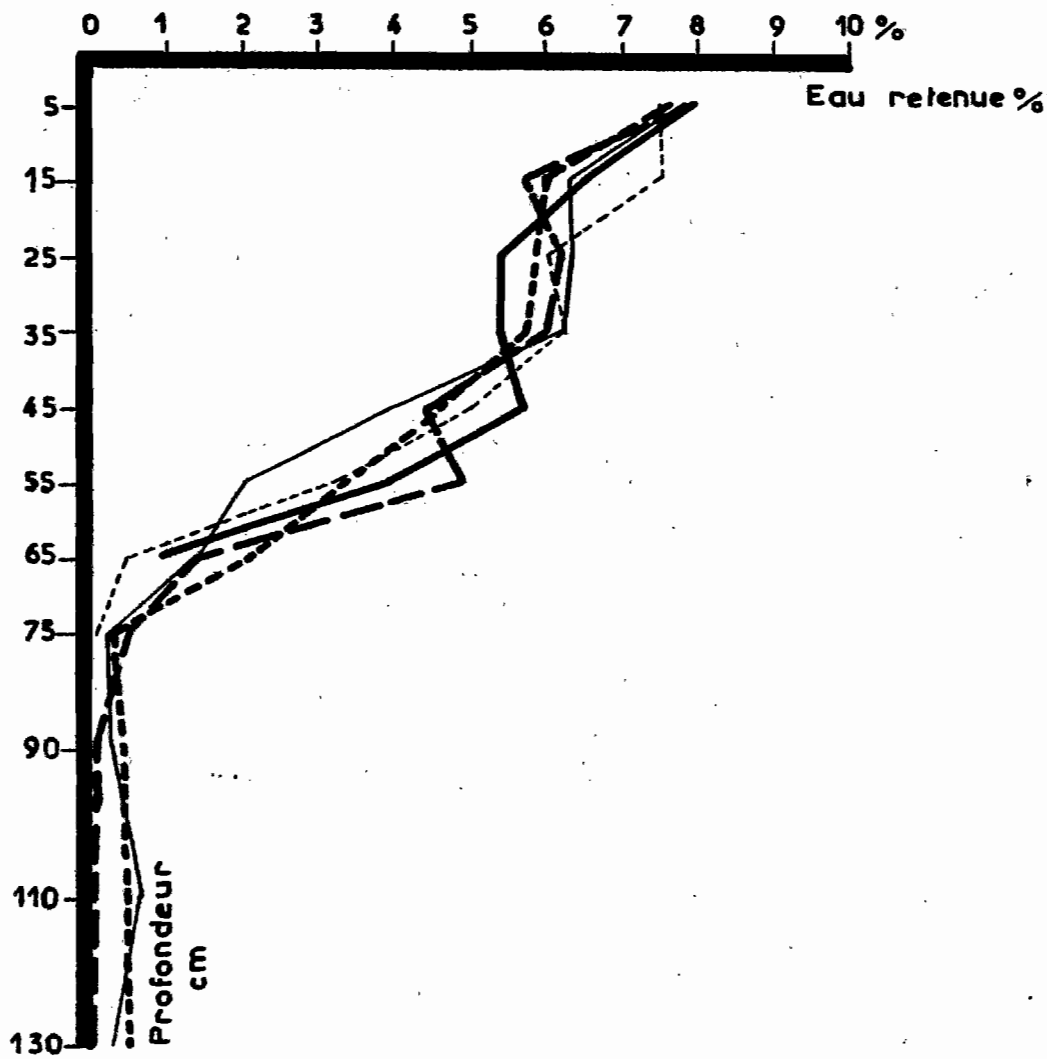
A	_____	47 mm	} 52 mm
B	_____	56 mm	
C	_____	49 mm	
D	_____	55 mm	
E	_____	52 mm	



RE6-16-1-68-Lot4 — Planche 12 %

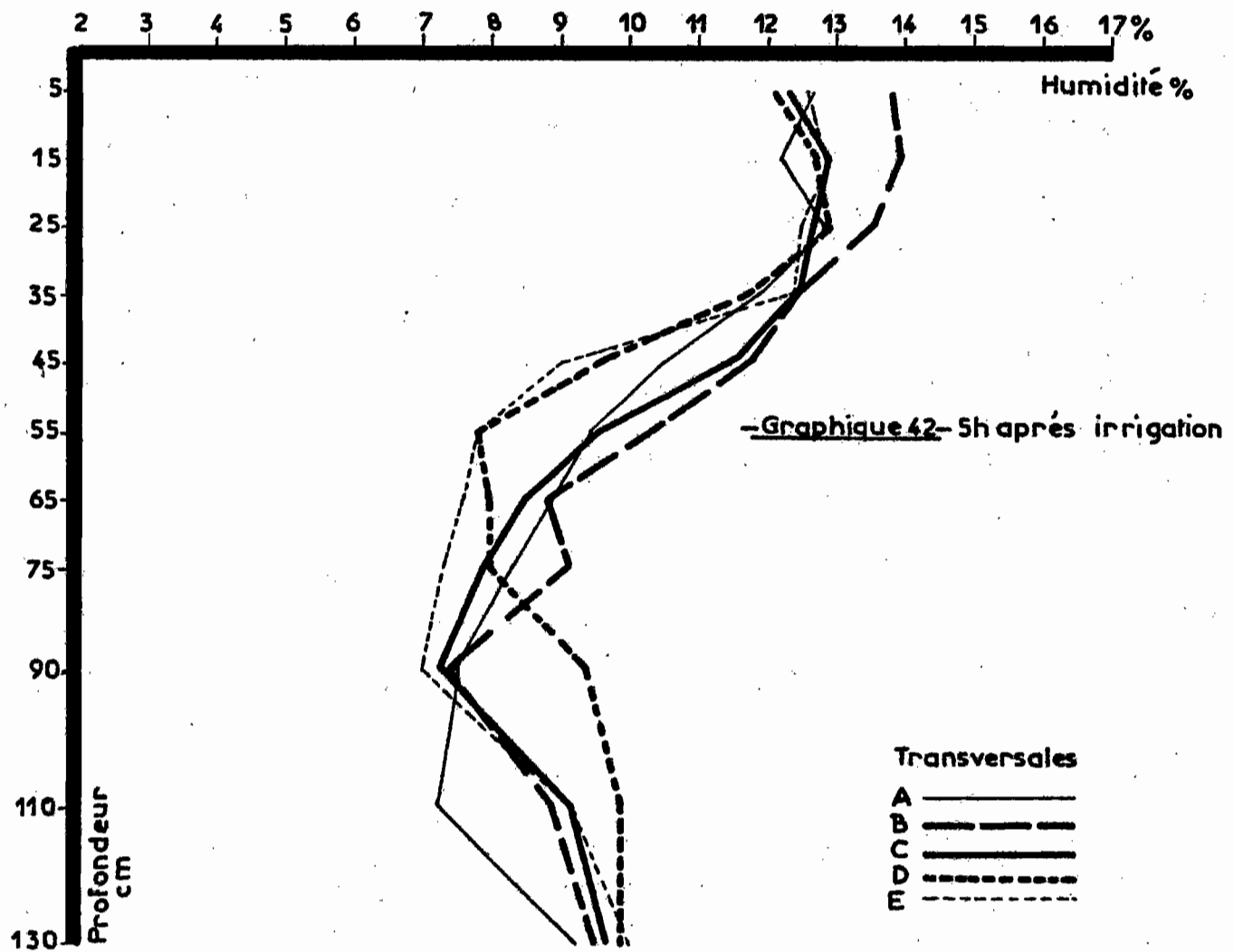
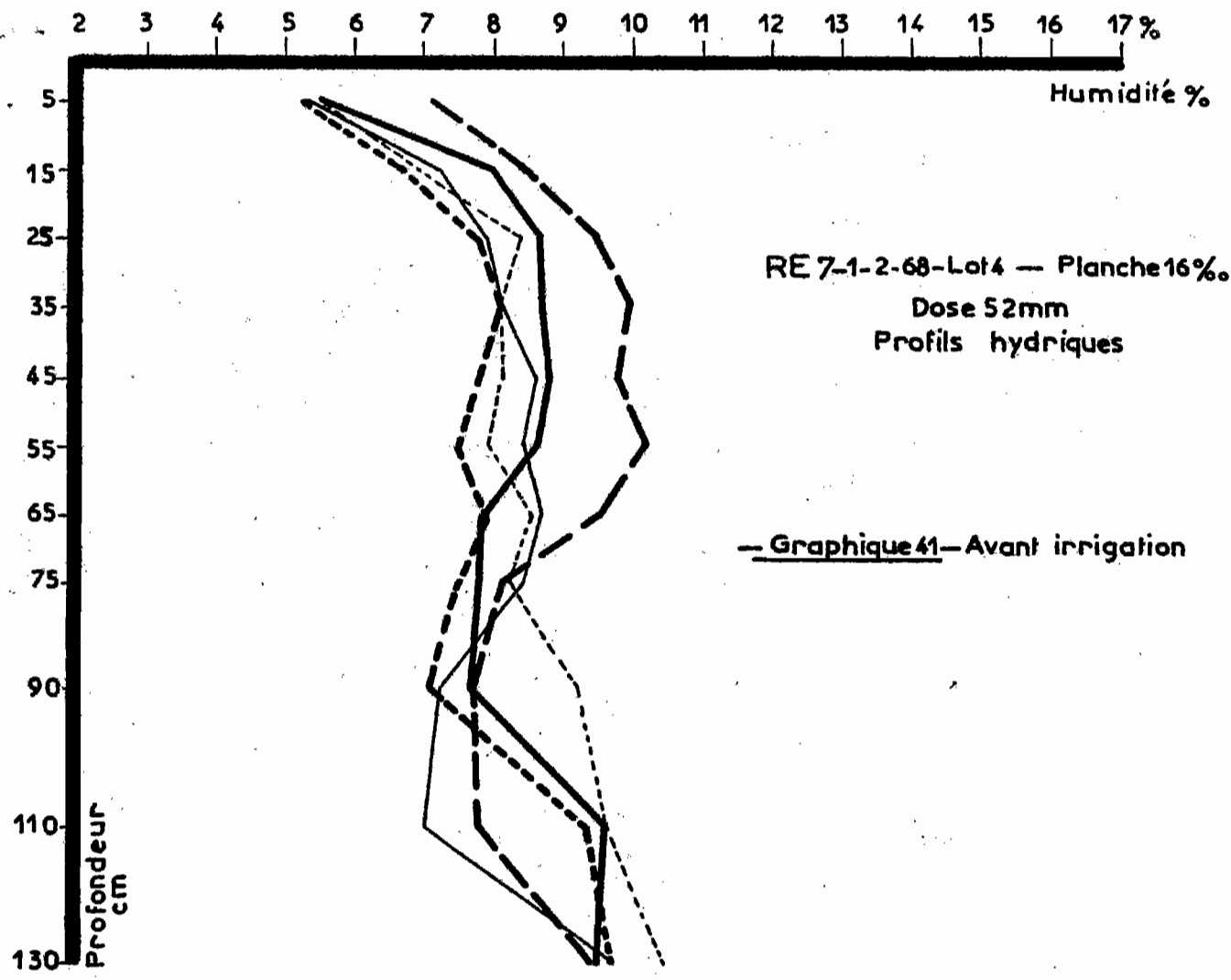
Dose 70mm

-Graphique 40-Eau retenue %



Transversales — Eau retrouvée en mm

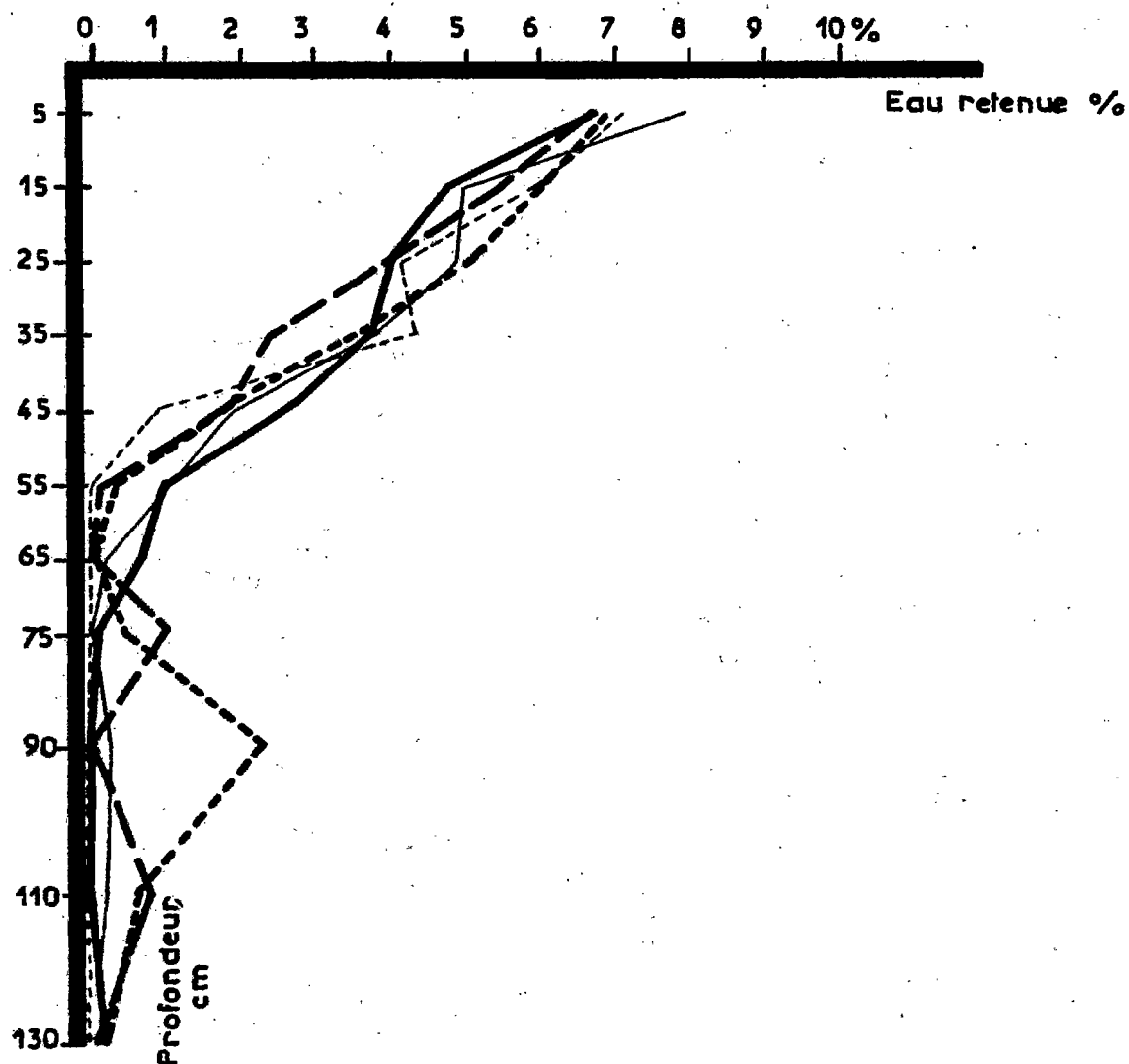
A	_____	64mm	} 64mm
B	_____	65mm	
C	_____	62mm	
D	_____	67mm	
E	_____	62mm	



RE7-1-2-68-Lot 4-Planche 16 %

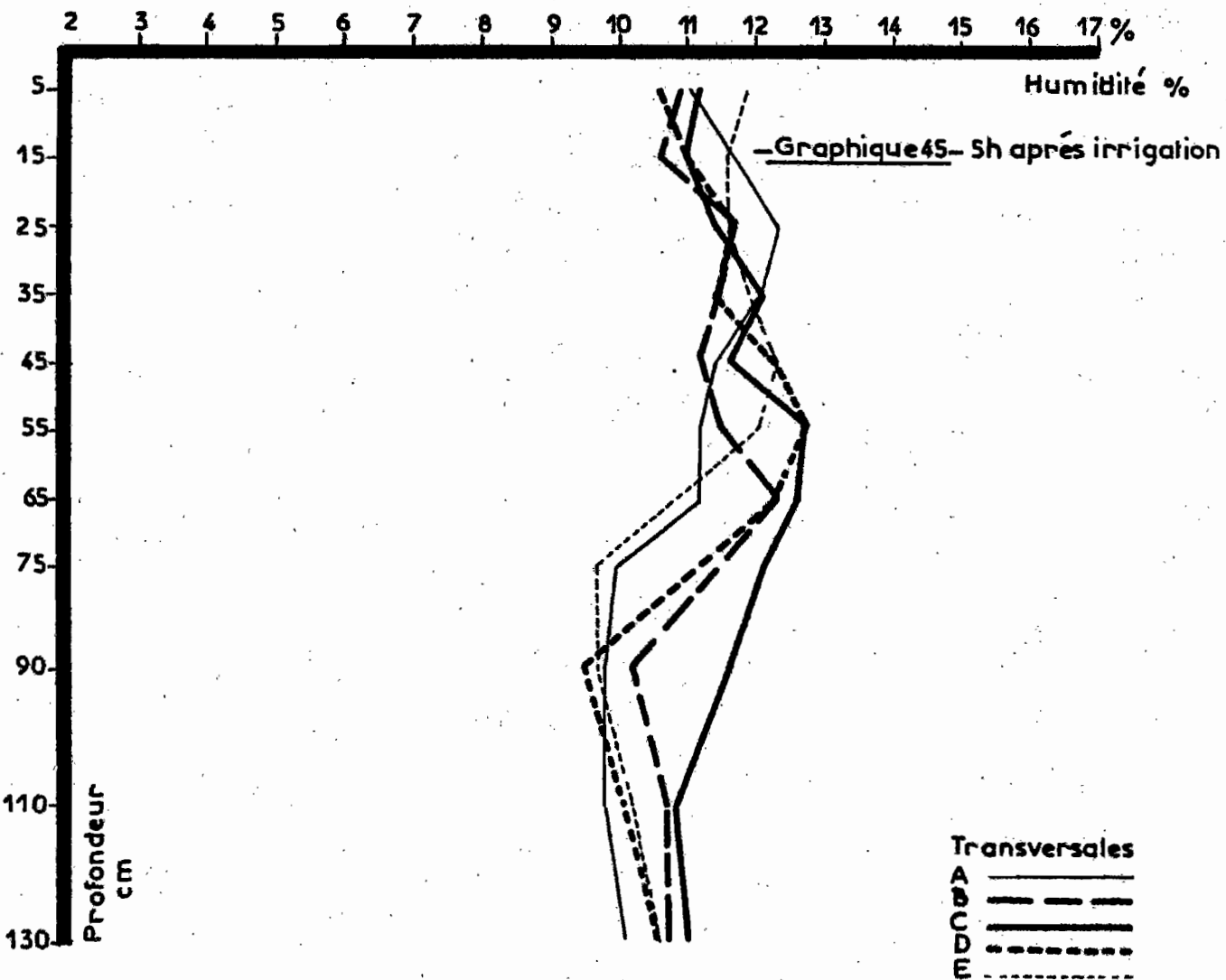
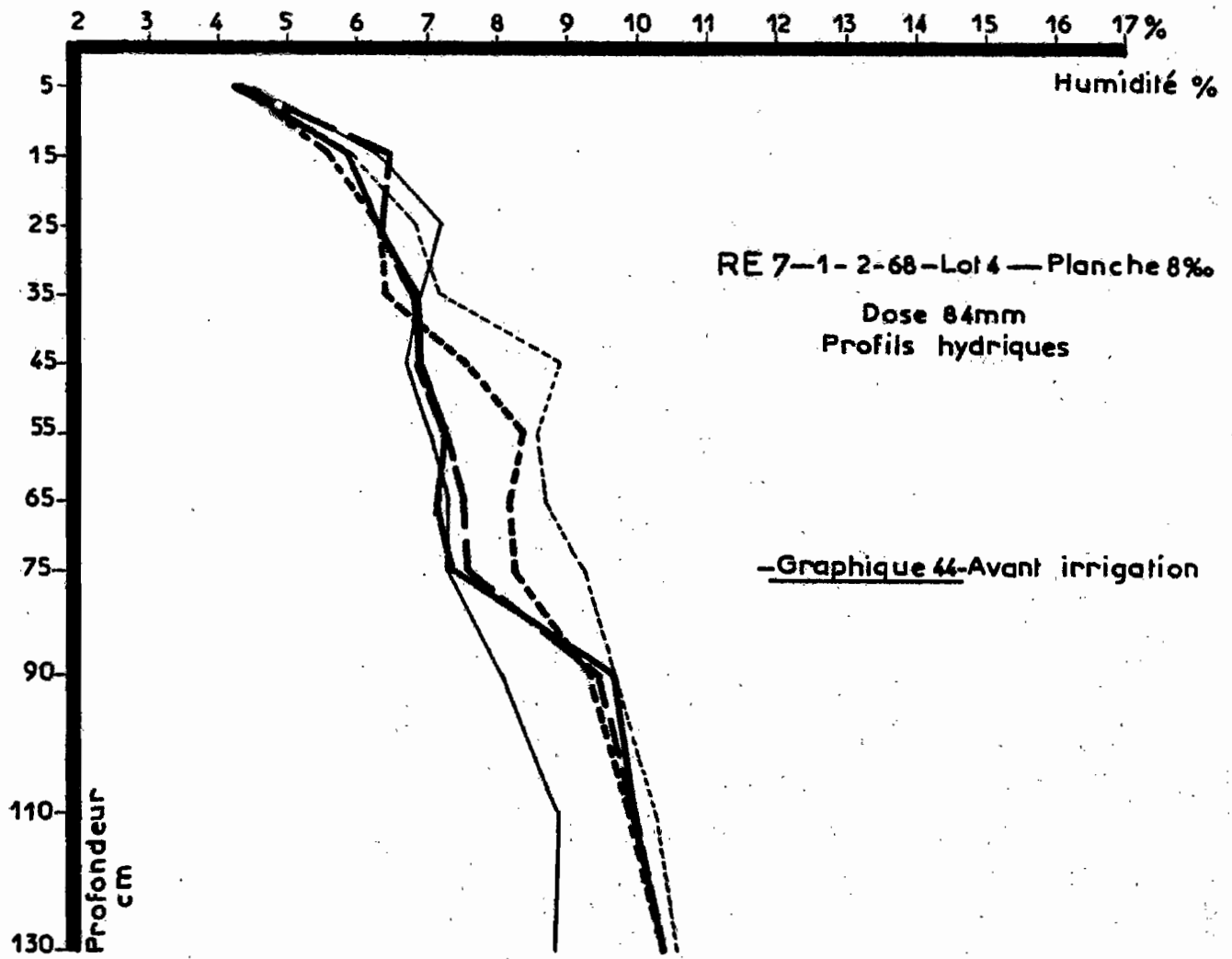
Dose 52mm

-Graphique 43-Eau retenue %



Transversales — Eau retrouvée en mm

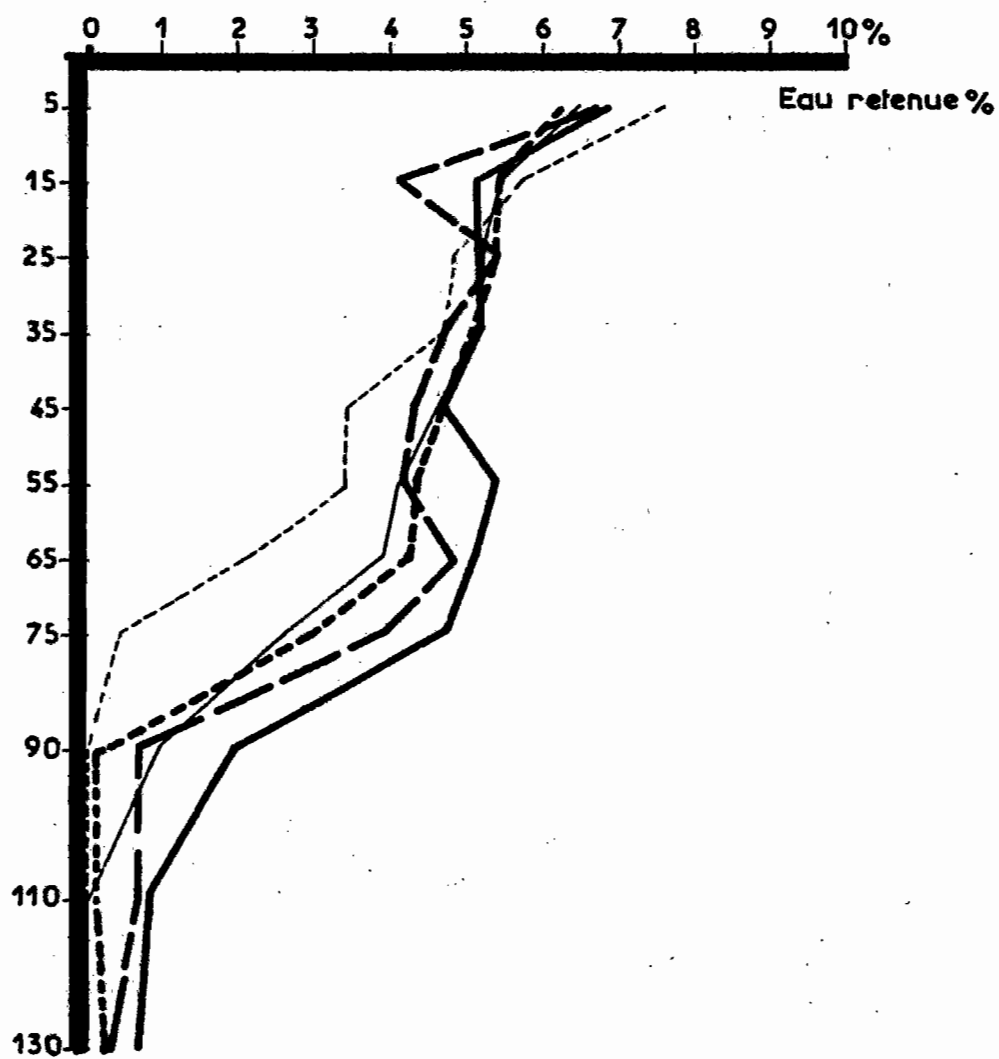
A	—	42 mm	} 39mm
B	- - -	36 mm	
C	—	41 mm	
D	- - - - -	41 mm	
E	- . - . -	37 mm	



RE 7-1-2-68-Lot 4-Planche 8%

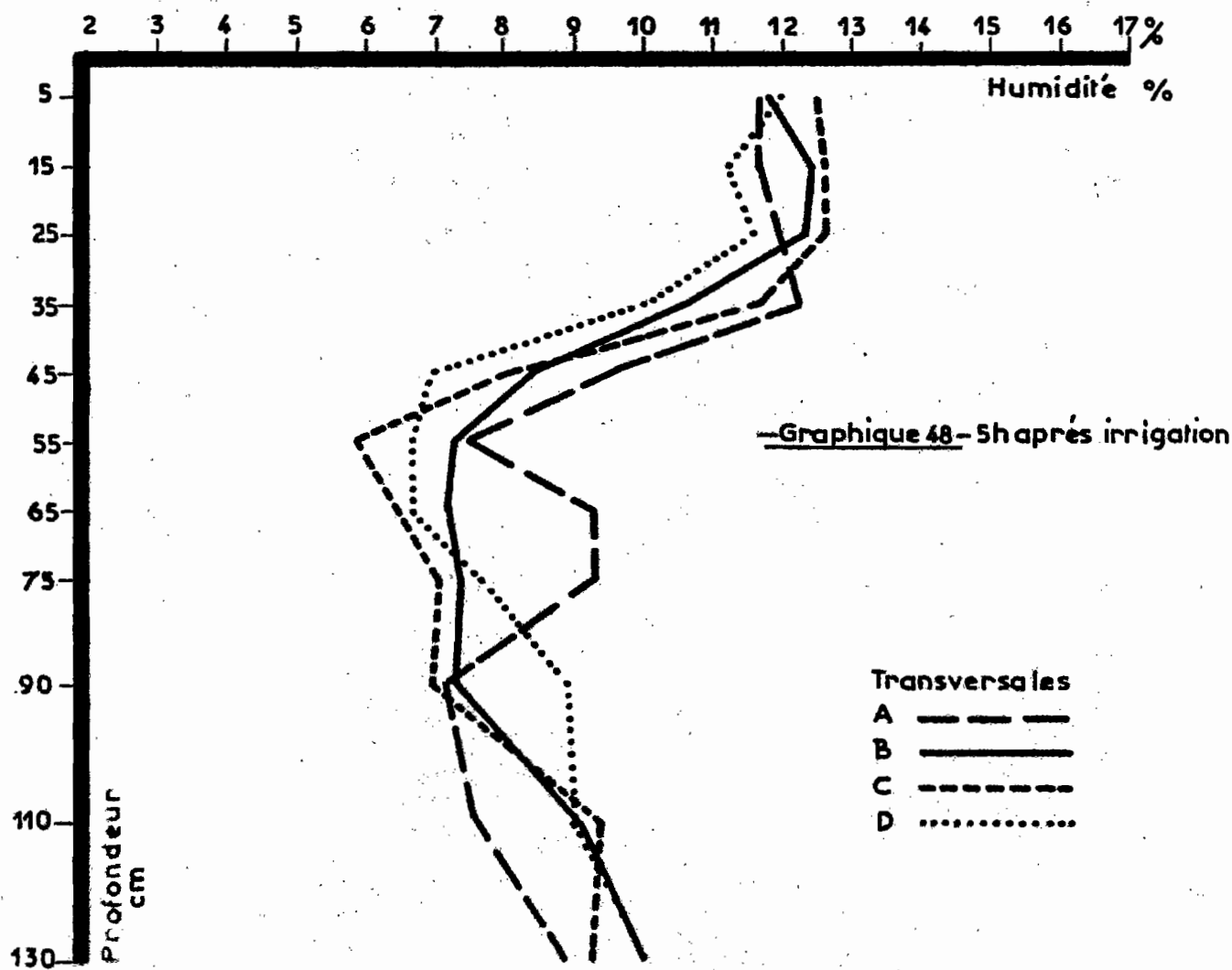
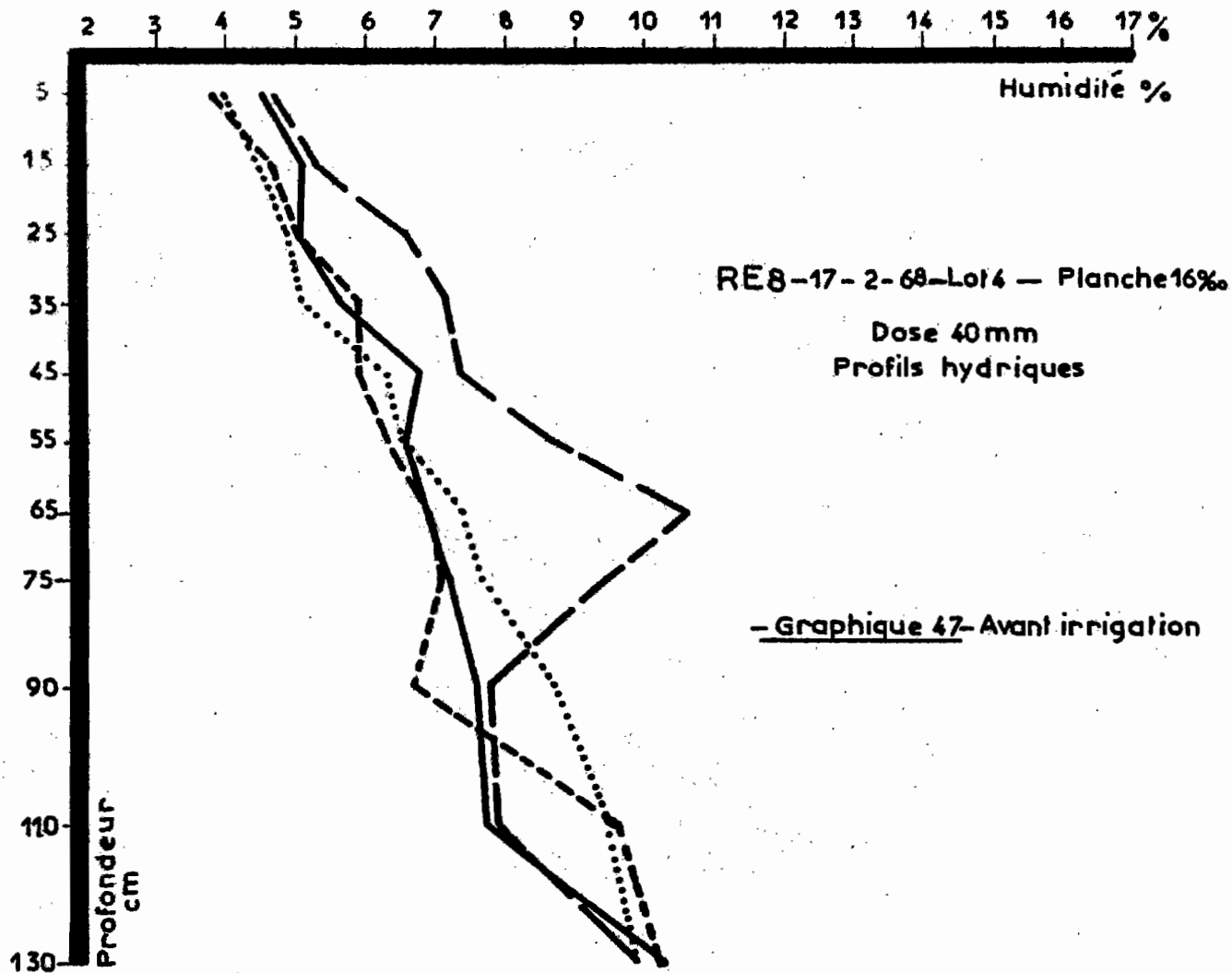
Dose 84mm

- Graphique 46-Eau retenue %



Transversales — Eau retrouvée en mm

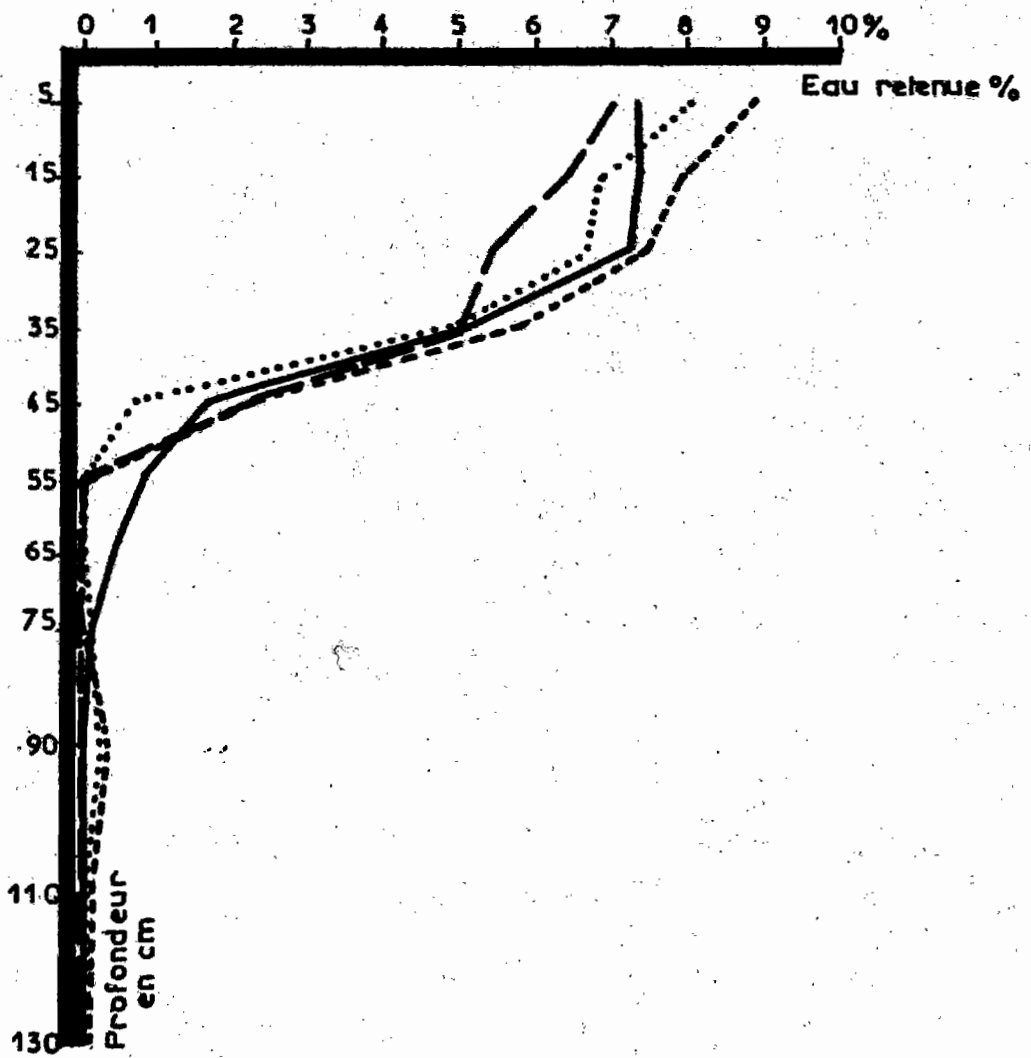
A	———	68 mm	} 68,6 mm
B	- - - - -	71 mm	
C	—————	84 mm	
D	- . - . -	65 mm	
E	55 mm	



RE 8-17-2-68-Lot 4-Planche 16%

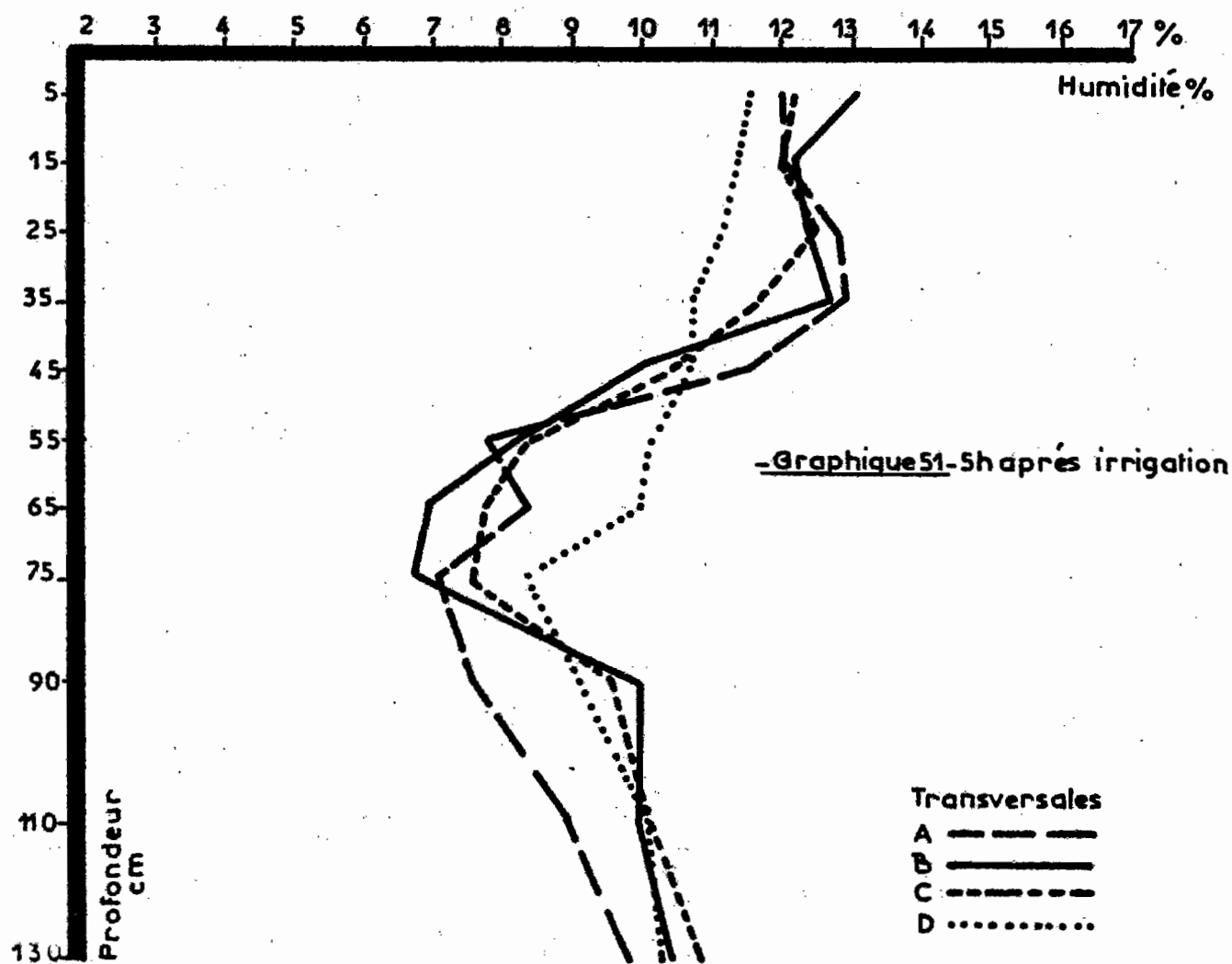
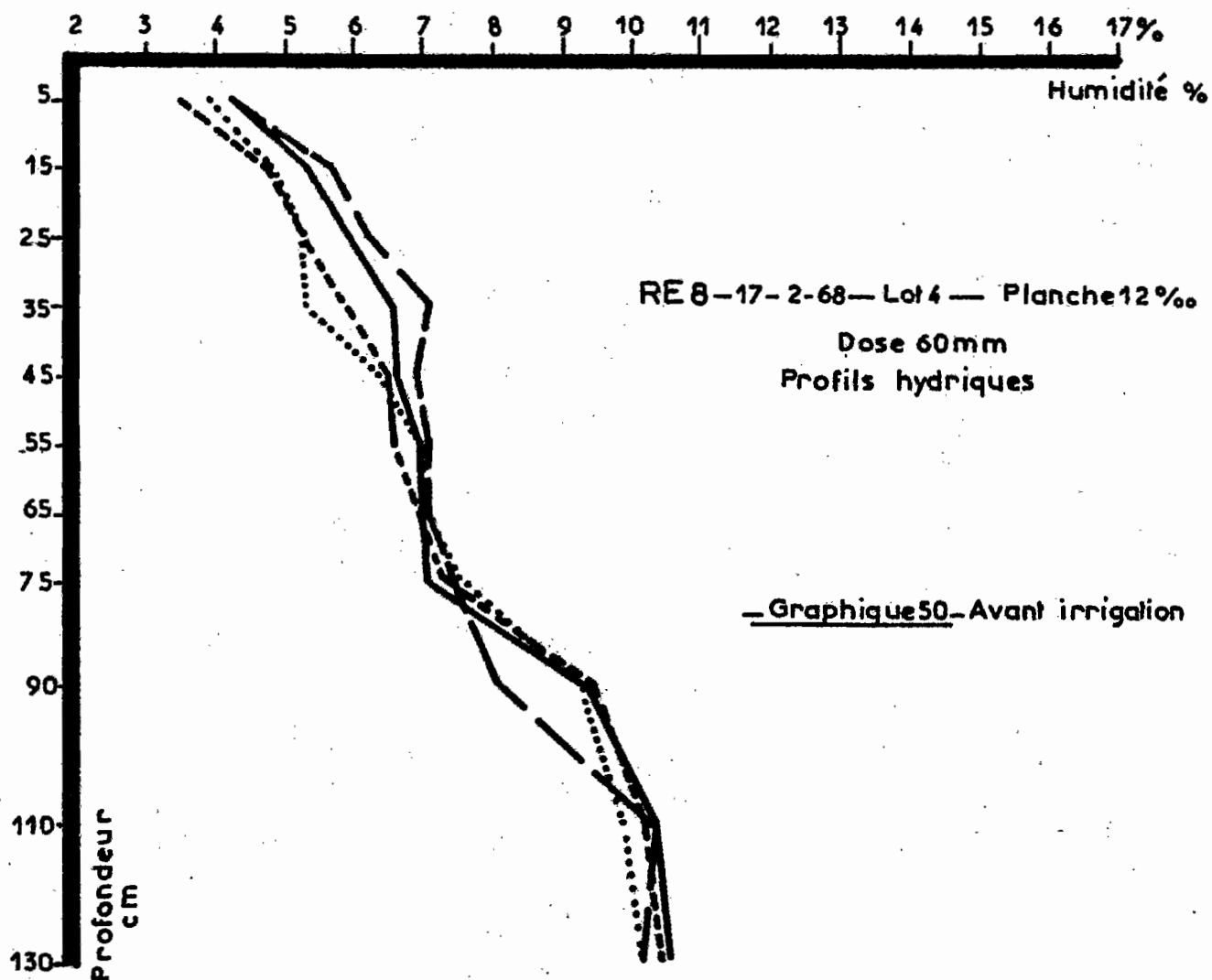
Dose 40mm

— Graphique 49—Eau retenue %



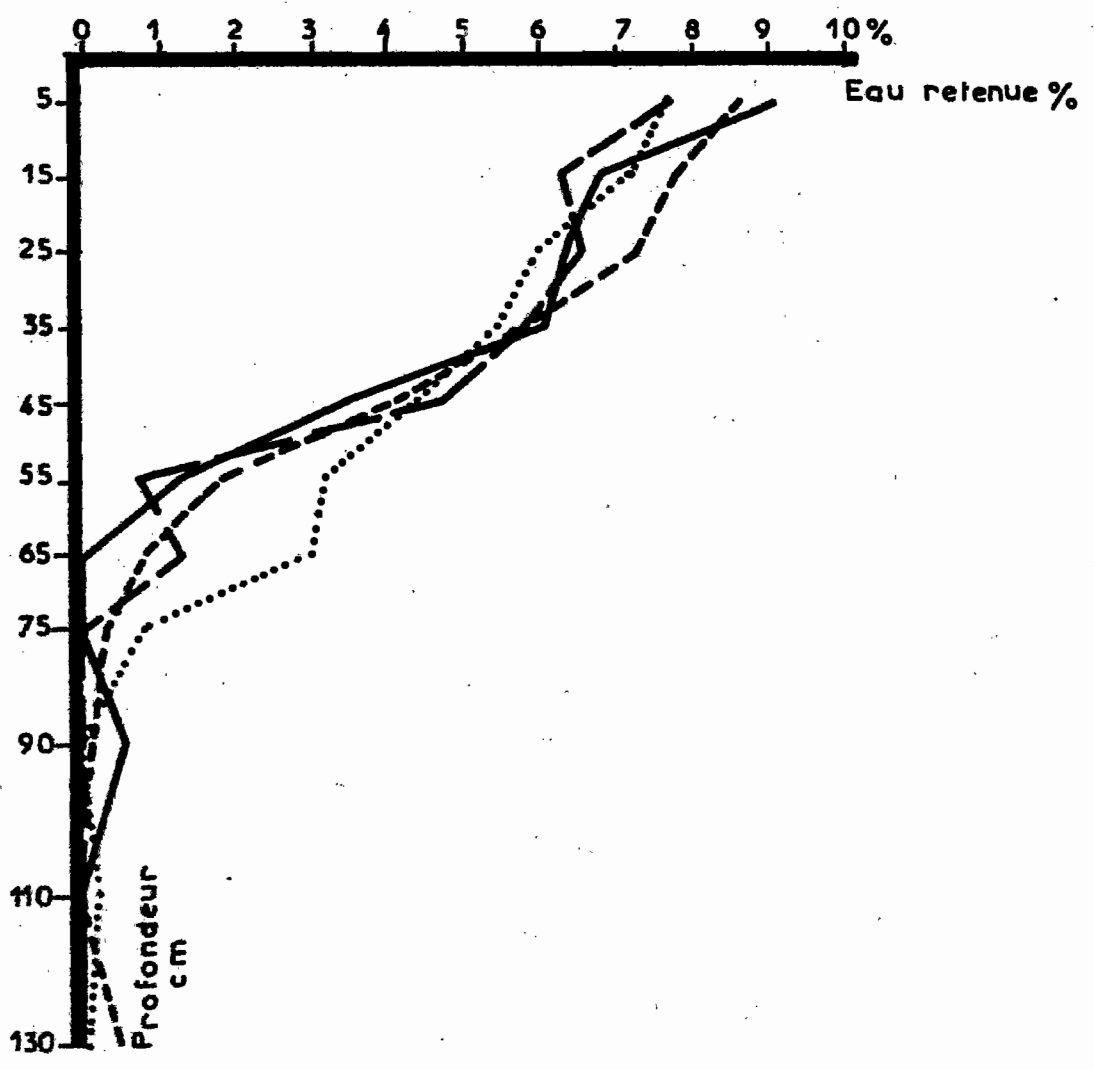
Transversales — Eau retrouvée en mm

A	45mm	} 50mm
B	51mm	
C	56mm	
D	48mm	



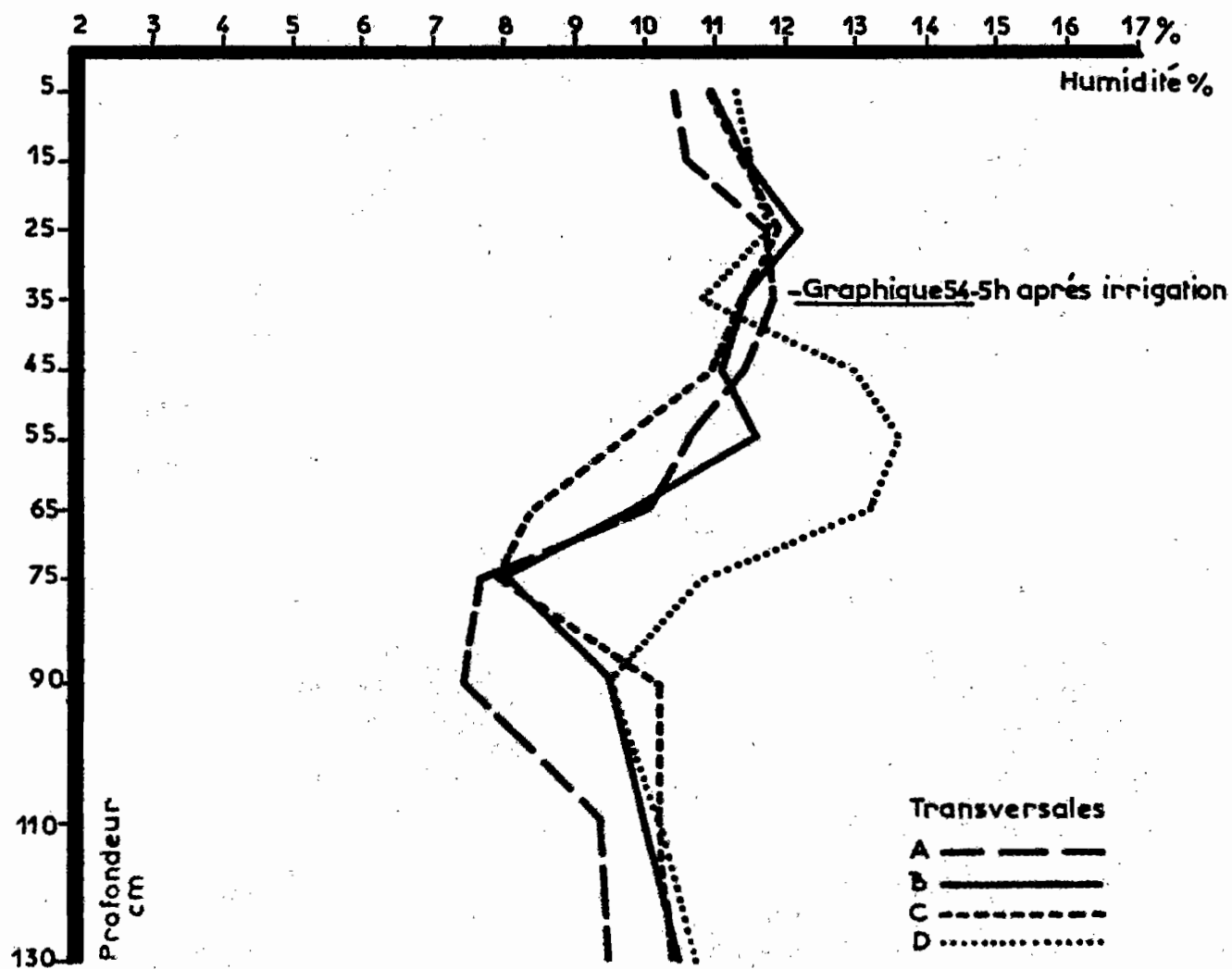
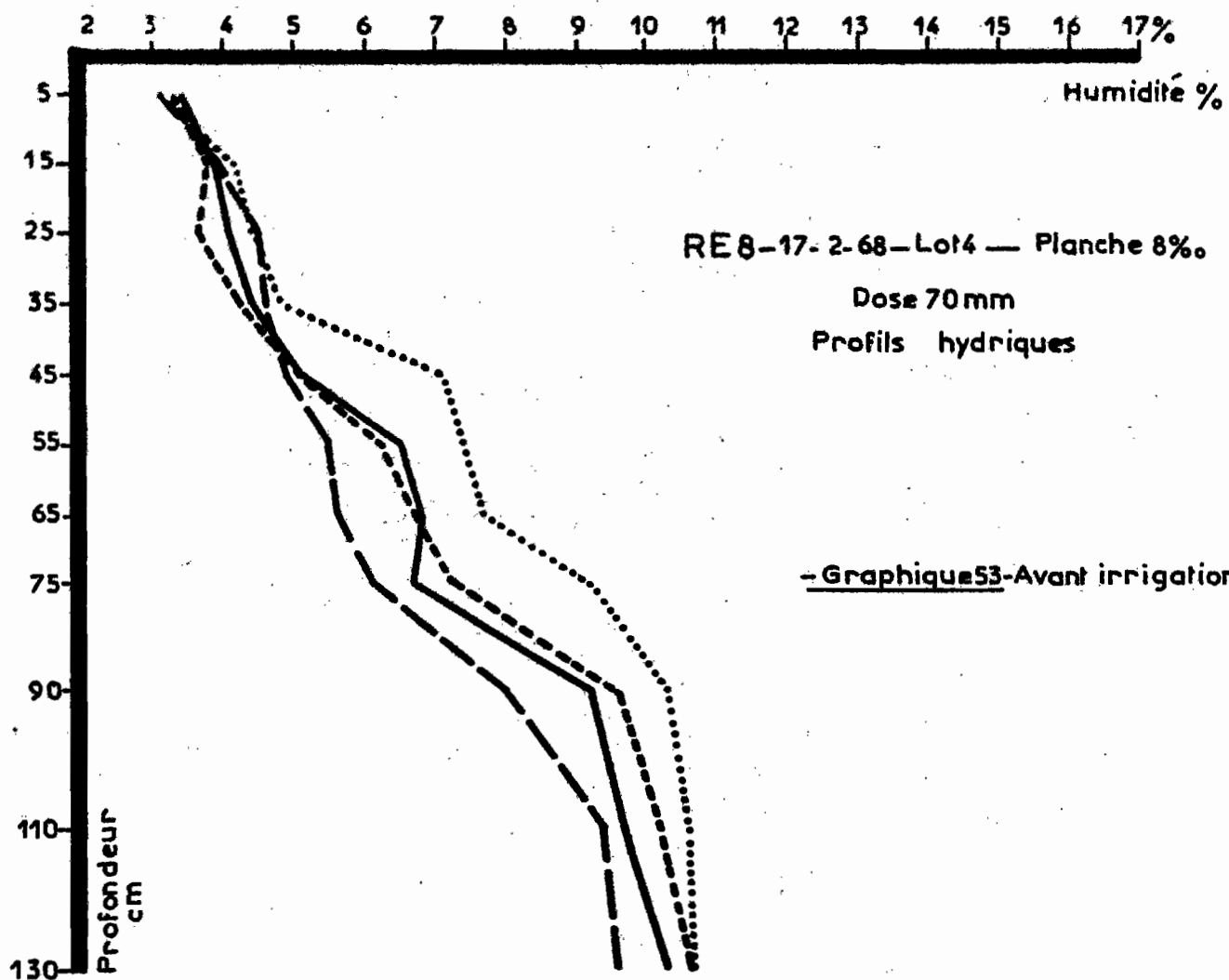
RE 8-17- 2-68—Lot 4 — Planche 12 %
Dose 60 mm

—Graphique 52—Eau retenue%



Transversales — Eau retrouvée en mm

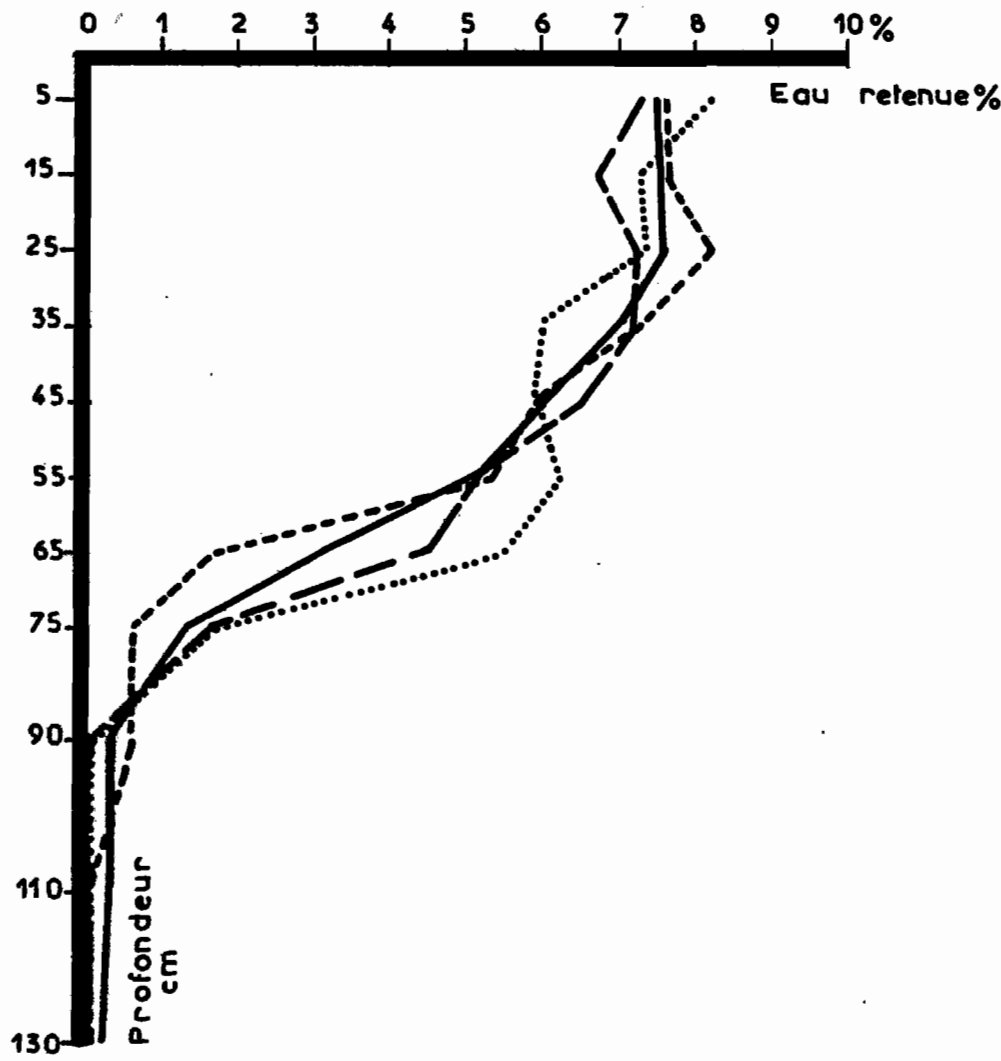
- | | | | |
|---|-----------|-------|--------|
| A | ---- | 57 mm | } 61mm |
| B | ———— | 57 mm | |
| C | - - - - - | 65 mm | |
| D | | 65 mm | |



RE 8-17-2-68 — Lot 4 — Planche 8‰

Dose 70 mm

—Graphique 55—Eau retenue %

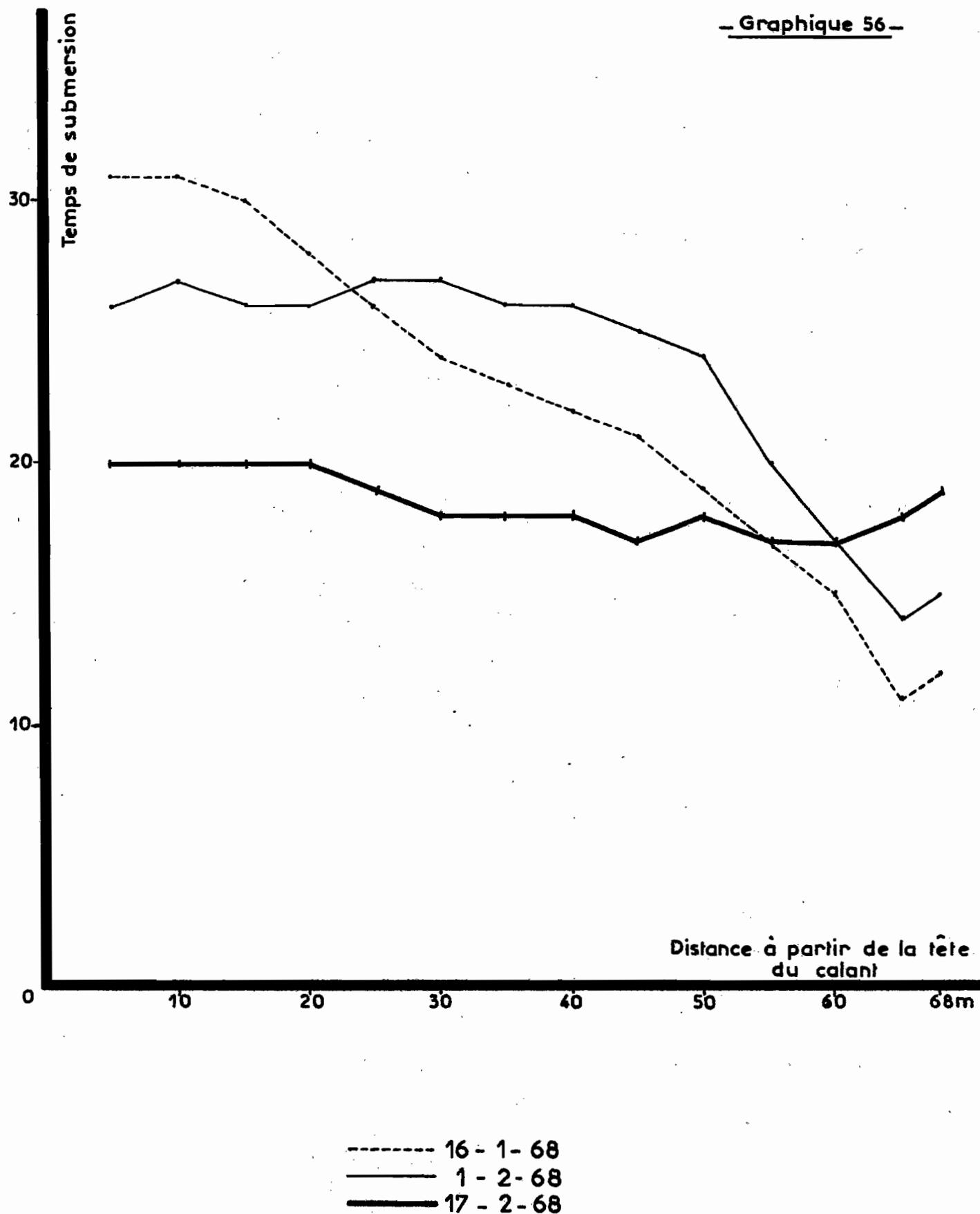


Transversales — Eau retrouvée en mm

A —————	79 mm	} 80 mm
B —————	80 mm	
C - - - - -	78 mm	
D	83 mm	

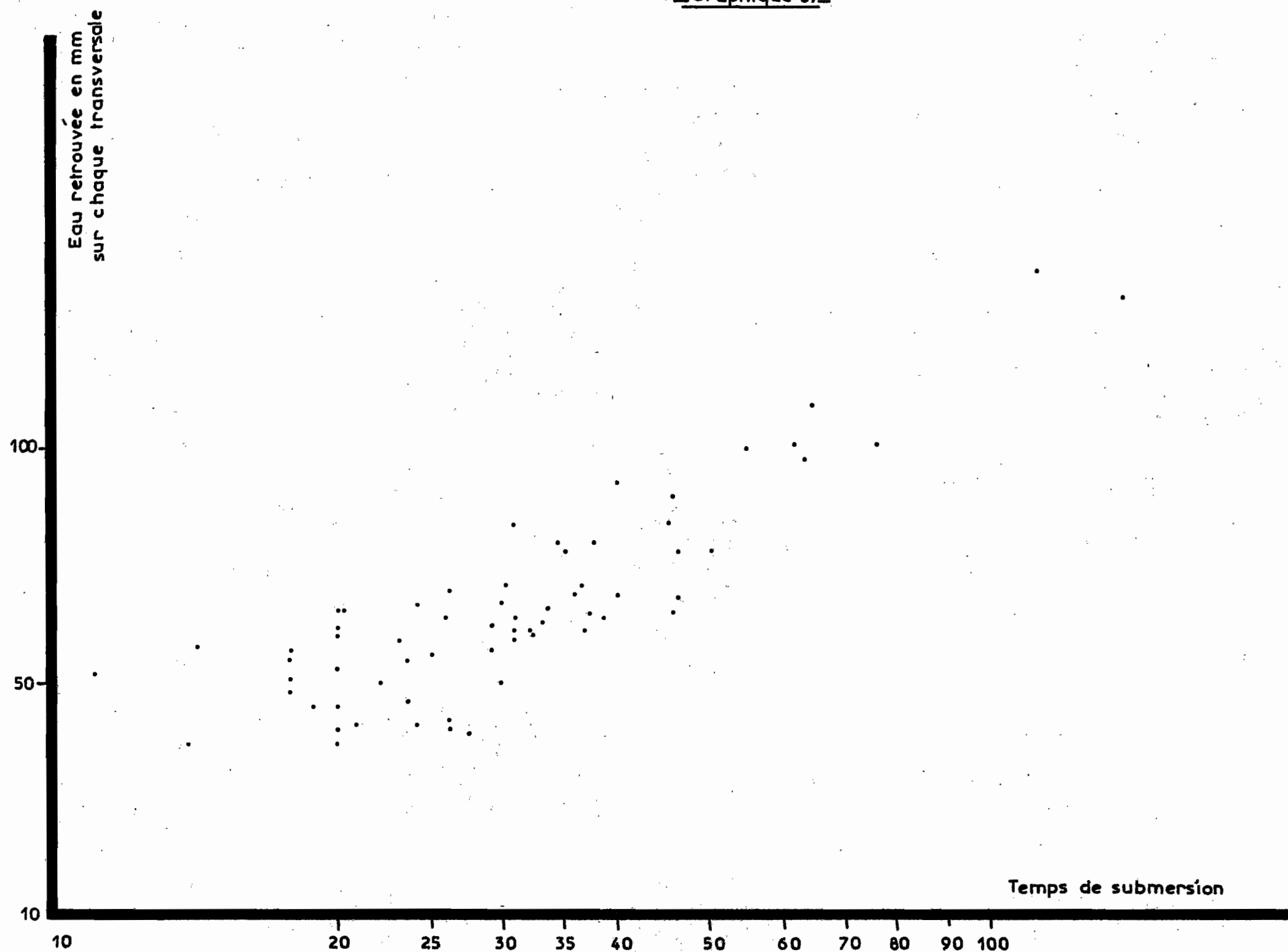
Régularisation progressive du temps de submersion
entre la tête et la fin d'un calant au cours de 3 irrigations
successives — Lot 4 — Planche 16 ‰ .

— Graphique 56 —



Relation entre la hauteur d'eau infiltrée
et le temps de submersion

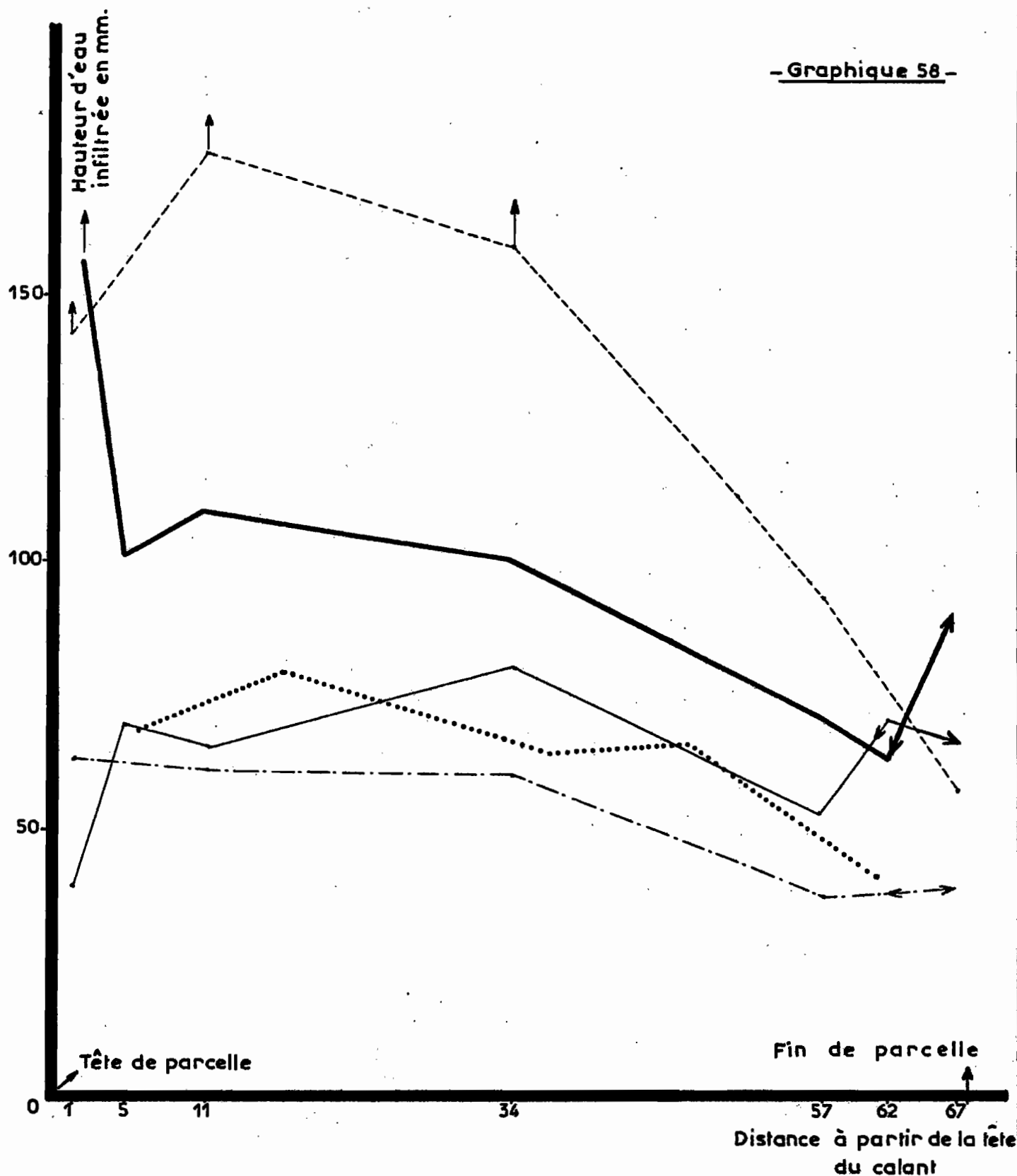
Graphique 57



Répartition de l'eau sur calants 68m.

Débit 20 l/sec/12m

- Graphique 58 -



- RE1 - 23-9-67 - Lot 3 - 159 mm
- . - . RE2 - 17-10-67 - Lot 1 - 50 mm
- _____ RE3 - 31-10-67 - Lot 1 - 53 mm
- RE4 - 14-11-67 - Lot 3 - 92 mm
- RE5 - 29-11-67 - Lot 3 - 68 mm

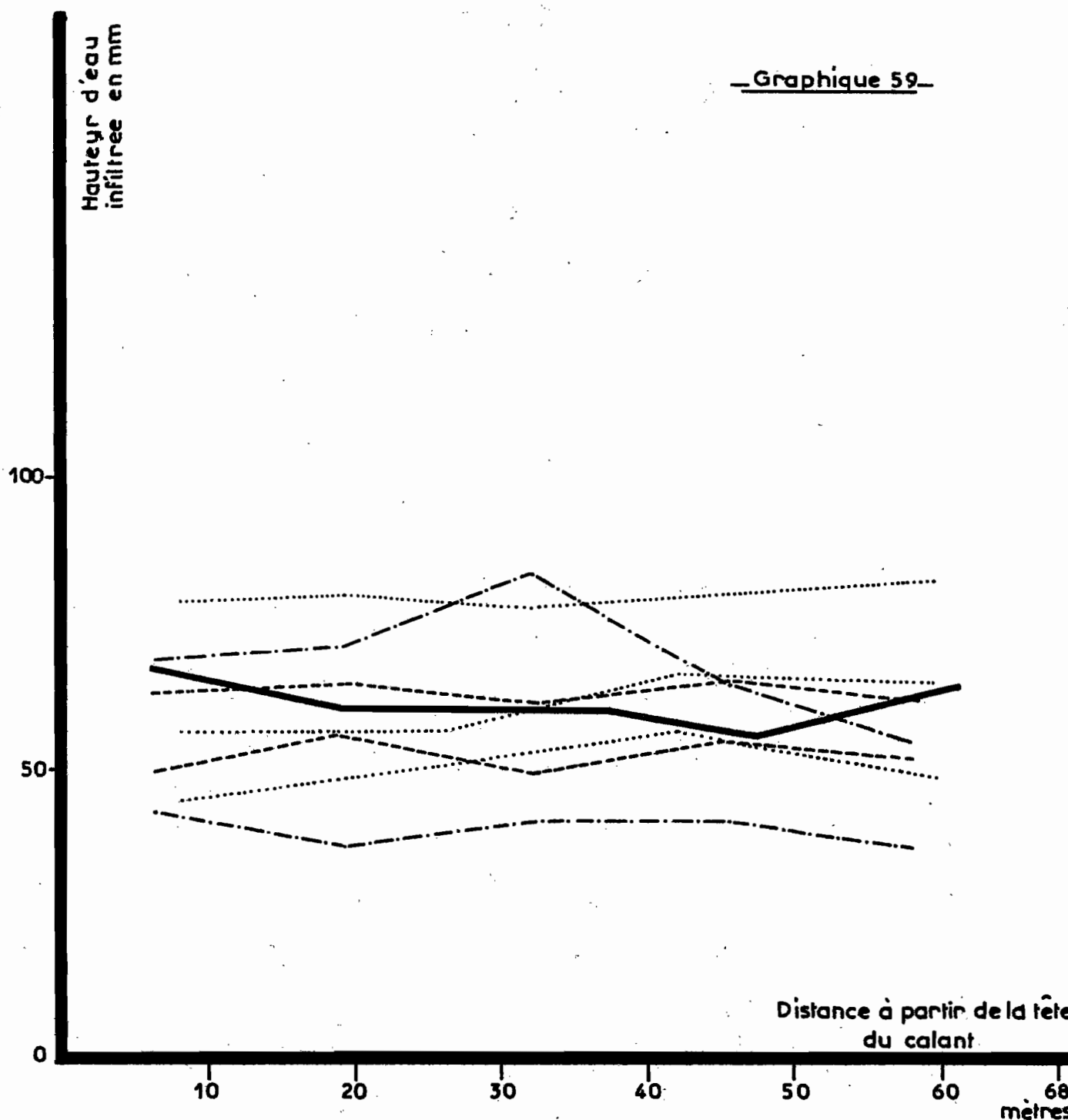
Infiltration sur plus de 140 cm

Flaquage

Répartition de l'eau sur calant de 68m

Débit 25 et 27 l/sec/ 12m

— Graphique 59 —

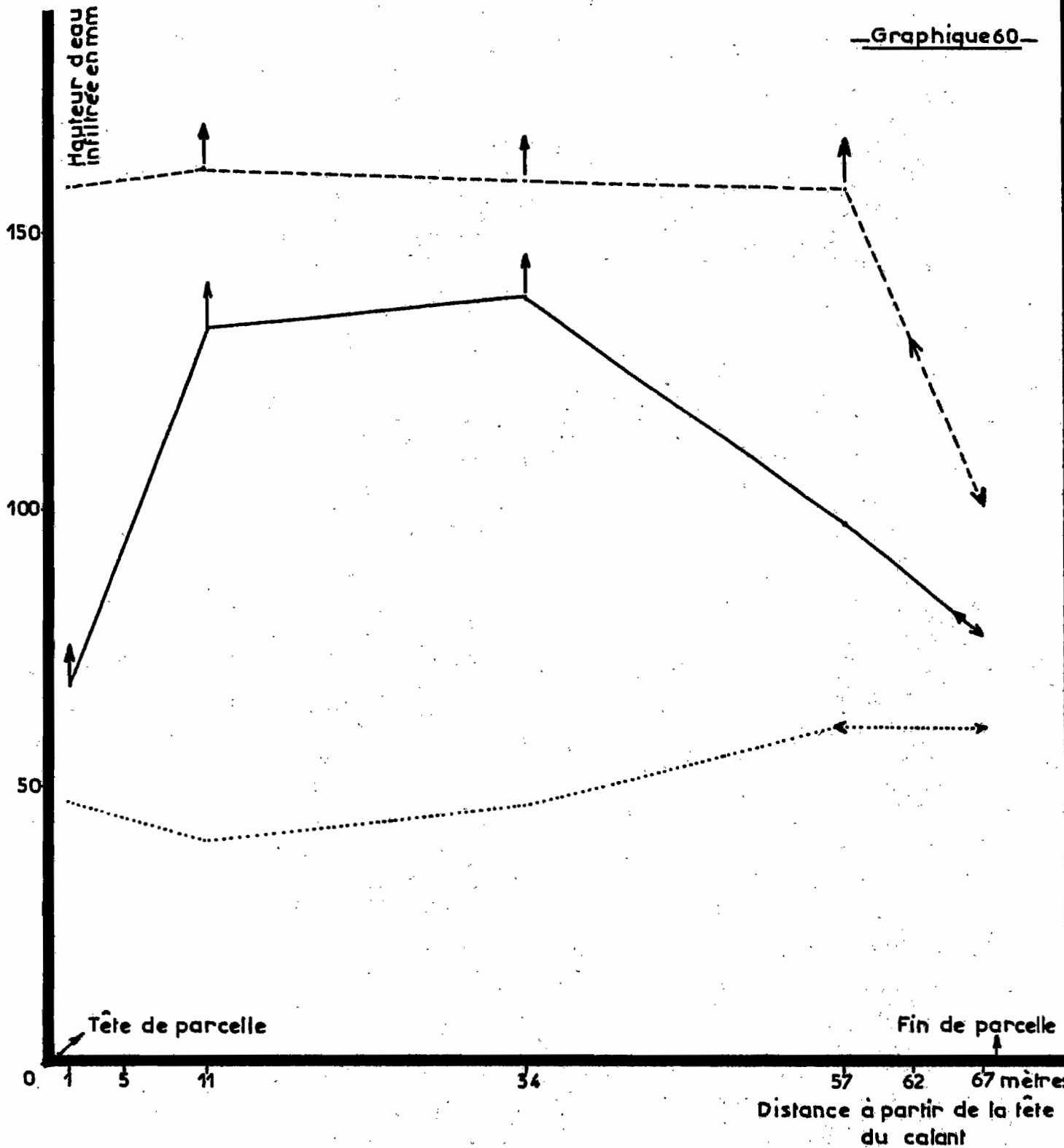


- RE 5 — 29 — 11 — 67 — Lot 3 — 53mm
- - - RE 6 — 16 — 1 — 68 — Lot 4 — 16‰ — 60mm
12‰ — 70mm
- · - RE 7 — 1 — 2 — 68 — Lot 4 — 16‰ — 52mm
8‰ — 84mm
- RE 8 — 17 — 2 — 68 — Lot 4 — 16‰ — 40mm
12‰ — 60mm
8‰ — 70mm

Répartition de l'eau sur calants de 68m

Débits 30 l/sec/12m
et 10 l/sec/12m

—Graphique 60—



..... RE 2—17-10-67—Lot 1—46mm 30 l/sec/12m

—— RE 3—31-10-67—Lot 1—101mm 10 l/sec/12m

--- RE 4—14-11-67—Lot 3—270mm 10 l/sec/12m

↑ Infiltration sur plus de 140 cm.

↘ Flaquage